

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL

DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA
PARA OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS
DE ARRANJO FÍSICO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM ENGENHARIA

Eng^o Erica Margita Neumann

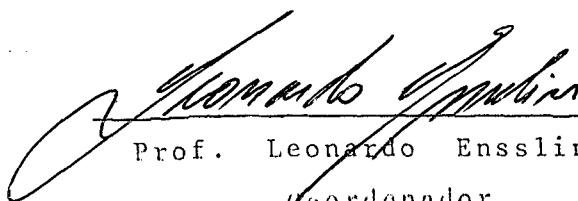
Florianópolis
Santa Catarina - Brasil

1979

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

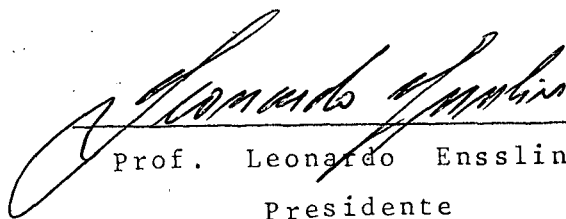
" MESTRE EM ENGENHARIA "

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA
FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO.



Prof. Leonardo Ensslin, Ph.D.
Coordenador

BANCA EXAMINADORA :

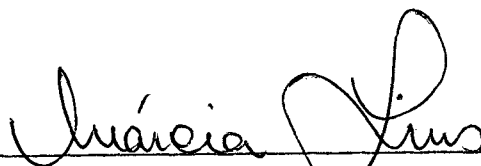


Prof. Leonardo Ensslin, Ph.D.
Presidente



0.249.208-8

UFSC-BU



Prof^a. Márcia Ligocki Lins, M.Sc.



Prof. Raul Valentim da Silva, M.Sc.

A meus pais

R E S U M O

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver uma técnica para otimização de projetos de arranjo físico (Lay-out).

Nesta técnica considera-se a existência de uma área na qual diferentes objetos (áreas, equipamentos, etc.) são alocados de forma a minimizar os custos dados pela soma de duas parcelas: o produto das interações entre os pares de objetos pelas respectivas distâncias e o custo fixo envolvido na alocação destes objetos.

O problema é formulado como um sistema quadrático, requerendo, como dados de entrada, a forma e tamanho dos objetos a serem alocados e suas possíveis localizações, as interações entre estes objetos (tais como os fluxos de material, de informações, movimento de pessoas, etc.) e o custo fixo em alocar os objetos em uma dada posição.

Partindo do sistema quadrático, é feita uma aproximação linear, sendo o problema resolvido por um algoritmo de Programação Inteira com variáveis 0 e 1 (Algoritmo de Enumeração Parcial (Implícita)).

A solução apresenta ao decisor a distribuição mais econômica dos objetos dentro do projeto de Lay-Out, para as condições definidas no modelo matemático.

Uma ilustração prática mostra os aspectos operacionais do método desenvolvido neste trabalho.

A B S T R A C T

This dissertation presents a computerized procedure for Lay-Out design.

In this procedure, supposing that we have an area where different objects (such as rooms, equipments, etc.) must be located, the objective is to minimize the sum of the total interactions multiplied by the distances between the respective objects plus any fixed costs that may be realized.

The situation is formulated as a quadratic set covering problem and requires the following input data : the size and required shape (or shapes), the possible alternative locations of each object, the flow (or interaction) between each two objects (information flow, material flow, employee movement, etc.) and if applicable, the fixed cost of assigning an object to a certain location.

Using the quadratic set approach, a linear approximation is first made and then an Integer Programming Algorithm is used with variables 0 and 1 (Partial (Implicit) Enumeration Algorithm) for optimizing the resulting problem.

The result gives the decision taker the most economical distribution of objects for the conditions defined in the mathematical model.

A practical illustration shows the operational aspects of the method described.

Í N D I C E

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO	1
2. OBJETIVO DO TRABALHO	2
3. HISTÓRICO	2
CAPÍTULO II - RESUMO DE MÉTODOS COMPUTACIONAIS EXISTENTES ..	4
1. MÉTODO CRAFT	4
2. MÉTODO ALDEP	5
3. MÉTODO CORELAP	6
4. MÉTODO DE APROXIMAÇÃO POR RAMIFICAÇÃO E CORTE (" BRANCH AND BOUND ")	7
CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA PARA OTIMIZAR PROJETOS DE LAY OUT	9
1. DADOS DE ENTRADA REQUERIDOS	9
2. SIMBOLOGIA UTILIZADA	11
3. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA	12
4. TRANSFORMAÇÃO DO PROBLEMA QUADRÁTICO EM LINEAR MIS- TO	14
5. O PROBLEMA LINEAR MISTO	16
6. O ALGORITMO DE ENUMERAÇÃO PARCIAL (IMPLÍCITA)	18
7. ADAPTAÇÃO DO MÉTODO PARA O CASO DE MINIMIZAÇÃO	22
8. ADAPTAÇÃO DO PROBLEMA LINEAR DE OTIMIZAÇÃO DE LAY OUT ÀS CONDIÇÕES DO MÉTODO DE ENUMERAÇÃO PARCIAL (IM- PLÍCITA)	23
CAPÍTULO IV - APLICAÇÃO PRÁTICA	25
1. COLETA DE DADOS	25
2. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	27

C A P Í T U L O I

I N T R O D U Ç Ã O

1. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O mundo industrial atual está se tornando cada dia mais competitivo e para obter sucesso nesta competição é mister manter os preços dos produtos compatíveis com os preços dos concorrentes. Portanto, para que as empresas possam se manter em condições competitivas, urge que procurem cada vez mais, aumentar sua produtividade.

Um Lay-Out bem projetado é uma das várias formas de incrementar a eficiência em uma indústria, através da redução de seus custos de produção. Esse decréscimo nos custos deve-se à redução de congestionamentos e confusões, minimização do tempo total de produção, minimização de investimentos em equipamentos e instalações, minimização dos custos de manuseio de materiais, melhor utilização do espaço disponível, aumento da satisfação, segurança para o empregado, etc..

A necessidade de um bom Lay-Out não se restringe somente à indústria. Em locais tais como bancos, escritórios e hospitais cresce cada vez mais o interesse por um bom arranjo, com o objetivo de prover melhores condições de trabalho e separar adequadamente as atividades. Em supermercados, o estudo do Lay-Out é igualmente importante para que se possa expor mais sugestivamente

vamente as mercadorias e reduzir os congestionamentos de tráfego.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver uma técnica para otimizar soluções de projetos de Lay-Out. Os departamentos, salas, equipamentos, máquinas, acessórios, etc., definidos para efeito deste trabalho como objetos, são alocados de forma a minimizar as interações totais multiplicadas pelas distâncias acrescidas do custo fixo envolvido na alocação destes objetos.

3. HISTÓRICO

O arranjo de áreas de trabalho data do início da civilização e há vários exemplos deles nos arquivos, ilustrando disposições de locais de trabalho e plantas de prédios. Estas disposições talvez não tenham sido tão eficientes como as de hoje mas, em muitos casos, eram condizentes com o nível de desenvolvimento técnico do fator humano e a tecnologia disponível naquela época.

Desde a Revolução Industrial, tornou-se cada vez mais importante, para os proprietários de indústrias, a coordenação e aproveitamento do espaço físico disponível.

No início deste século, a especialização do trabalho aumentou tanto que a manipulação de materiais entre as operações começou a receber mais atenção, mas só depois da Segunda Guerra Mundial houve realmente progressos no desenvolvimento de técni-

cas analíticas úteis para resolver problemas de Lay-Out.

Depois do advento do computador, tem crescido o interesse no desenvolvimento de técnicas utilizando o computador para auxiliar o planejador de Lay-Out a gerar projetos alternativos para posterior avaliação, pois a determinação da localização relativa dos objetos no Lay-Out por métodos gráficos é limitada e, a medida que o número de objetos aumenta, também aumenta a dificuldade de aplicar essa técnica. Na prática, geralmente temos mais de 20 objetos a serem localizados, o que já torna quase impraticável a resolução por meio de métodos outros que não os computacionais.

Como exemplo de técnicas computacionais podem ser mencionadas o ALDEP, CORELAP, CRAFT, LSP, PLANET e outros. Alguns destes métodos são apresentados resumidamente no próximo capítulo.

As principais situações que requerem um estudo de Lay-Out são: a obsolescência das instalações, necessidade de redução de custos de produção, variação da demanda, ambiente de trabalho inadequado, excesso de estoques, manuseios excessivos, excesso de acidentes, mudanças no projeto do produto, novo produto e instalação de nova fábrica.

C A P Í T U L O I I

RESUMO DE MÉTODOS COMPUTACIONAIS EXISTENTES1. MÉTODO CRAFT (COMPUTERIZED RELATIVE ALLOCATION OF FACILITIES TECHNIQUE)

O método CRAFT foi desenvolvido por Armour e Buffa¹ e ² em 1963. É um algoritmo de aperfeiçoamento de Lay-Out e preocupa-se com a minimização dos movimentos entre departamentos, utilizando um modelo linear. Usa como dados de entrada o fluxo entre os departamentos e o custo de manuseio de materiais, além de um diagrama de blocos da instalação. O programa realiza permutações duplas, triplas ou ambas simultaneamente, até não haver mais permutações que reduzam o custo de manuseio dos materiais, imprimindo então o Lay-Out final em forma de diagrama de blocos. Esse Lay-Out final deve ser analisado e ajustado manualmente, levando em conta limitações práticas. O programa também pode fornecer várias alternativas de Lay-Out para avaliação e escolha posterior. O método CRAFT é recomendado quando no projeto de Lay-Out predomina o fluxo de materiais.

¹ BUFFA, Elwood S. Readings in production and operations management. New York, John Wiley, 1966. p. 272-90.

² FRANCIS, Richard L. & WHITE, John A. Facility layout and location an analytical approach. New Jersey, Prentice-Hall, 1974. p. 125-39.

2. MÉTODO ALDEP (AUTOMATED LAY-OUT DESIGN PROGRAM)

O método ALDEP foi desenvolvido na IBM por Seehof e Evans¹ em 1967. É, em primeiro lugar, um algoritmo de implantação, mas também pode ser utilizado para aperfeiçoar um Lay-Out já existente. O método baseia-se no grau de relacionamento de departamentos e inclui como dados de entrada, além desse grau de relacionamento, as dimensões do prédio, o número de departamentos, um valor do grau de relacionamento mínimo usado para selecionar a entrada de departamentos no projeto e um valor mínimo estipulado para um Lay-Out ser aceitável. Neste método, um departamento é selecionado randomicamente. A seguir, a tabela do grau de relacionamento é pesquisada e é selecionado um departamento de acordo com o valor do grau de relacionamento mínimo estipulado. Se nenhum departamento atender a essa condição, a seleção será feita randomicamente. O processo de seleção continua até que todos os departamentos foram colocados no Lay-Out. Para cada Lay-Out desenvolvido, o ALDEP calcula o valor mínimo que deve ter o Lay-Out pela soma dos valores numéricos dos graus de relacionamento. Esse valor calculado deve ser superior ao valor do Lay-Out anterior. Apesar deste método não ser recomendado, por sua ineficiência, os valores calculados podem ser usados como uma base para avaliar e escolher o melhor projeto. O ALDEP é usado quando predomina dependência de atividades entre departamentos e quando a coleta de dados numéricos precisos é prejudicada pelas constantes mudanças de condições

¹ FRANCIS, Richard L. & WHITE, John A. op cit. p. 101-7.

3. MÉTODO CORELAP (COMPUTERIZED RELATIONSHIP LAY-OUT PLANNING)

O método CORELAP foi desenvolvido por Lee e Moore¹ em 1967. É um algoritmo de implantação baseado no grau de relacionamento dos departamentos e inclui como dados de entrada, além da tabela do grau de relacionamento, o número de departamentos e suas respectivas áreas. Para o grau de relacionamento são designados valores numéricos os quais são utilizados para o cálculo do grau de relacionamento total (GRT) para cada departamento. Estes valores calculados e colocados na ordem decrescente, fornecem a sequência em que os departamentos são selecionados para entrar no Lay-Out. No CORELAP, um departamento é selecionado para entrar no Lay-Out. A seguir, a tabela do grau de relacionamento é pesquisada para encontrar o departamento com o maior grau em relação aos que estão no Lay-Out e colocá-lo na vizinhança destes. Não se encontrando um departamento que tenha um grau elevado em relação aos que estão no Lay-Out, recorre-se a nova seleção usando o GRT. Este método produz um Lay-Out final único. Para obter vários projetos, para posterior avaliação, é necessário modificar dados de entrada. Uma versão do CORELAP, o CORELAP INTERATIVO, permite interagir com o programa e fazer modificações na solução final. Este método é utilizado quando ocorrem as mesmas situações referidas na utilização do método ALDEP.

¹ FRANCIS, Richard L. & WHITE, John A. op cit. p. 107-24.

4. MÉTODO DE APROXIMAÇÃO POR RAMIFICAÇÃO E CORTE ("BRANCH AND BOUND")

O método de aproximação por Ramificação e Corte foi desenvolvido por Mokhtar S. Bazaraa¹ em 1974. É um algoritmo de implantação de Lay-Out ou aperfeiçoamento de um arranjo já existente. O problema de Lay-Out é formulado como um conjunto quadrático e requer, como dados de entrada, a forma e tamanho dos objetos a serem alocados e suas possíveis localizações, as interações entre esses objetos e o custo fixo em alocar os objetos para uma dada posição. Para contornar o problema de manipular formas irregulares, é usado o artifício de dividir os objetos e a área total em blocos unitários iguais. Os objetos são alocados de forma a minimizar a interação total multiplicada pela distância entre os objetos e mais o custo fixo envolvido na alocação dos objetos. Para a resolução do problema é sugerida pelo autor a técnica de Ramificação e Corte ("Branch and Bound").

Como os objetos são formados de vários blocos unitários, é sugerido também um artifício de simplificação do problema que realiza interações bloco a bloco, em vez de objeto a objeto, transformando desta forma, a restrição quadrática em linear. Este artifício traz o inconveniente de o formato do objeto ser determinado pela solução e não pelo projetista, podendo adquirir formas indesejáveis ou até mesmo ser disperso no Lay-Out final,

¹ BAZARAA, Mokhtar S. Computerized layout design : a Branch and Bound Approach. AIEE Transactions, São Paulo, 7 (1) : 432-38, Dez. 1975.

além de exigir um tempo maior para a solução, pois aumenta o número de iterações.

C A P Í T U L O I I I

DESENVOLVIMENTO DE UMA TÉCNICA PARA OTIMIZAR PROJETOS DE LAY-OUT

O presente capítulo abrange o desenvolvimento de uma técnica para otimizar projetos de Lay-Out. A técnica formulada baseia-se no Método da Aproximação por Ramificação e Corte ("Branch and Bound") apresentado no capítulo anterior, transformando a formulação quadrática do problema em uma formulação linear que é resolvida pelo algoritmo de Enumeração Parcial (Implícita).

Este método aplica-se a prédios de um ou múltiplos andares; objetos de formas regulares ou irregulares; implantação ou aperfeiçoamento de um Lay-Out já existente.

1. DADOS DE ENTRADA REQUERIDOS

Os dados de entrada requeridos para esta técnica são:

- tamanho e forma(s) de cada objeto
- as possíveis localizações de cada objeto
- o fluxo ou interação entre os pares de objetos
- o custo fixo para alocar um objeto em um dado local

Tanto os tamanhos quanto as configurações em planta dos objetos devem ser determinados pelo projetista de Lay-Out. Para

contornar o problema de configurações irregulares de objetos, o projetista deve dividir tanto a área dos objetos quanto a área total do Lay-Out, servindo-se de uma unidade de medida quadrada (bloco), unidade esta escolhida de tal forma que todos os objetos incluídos no Lay-Out, assim como a área total do Lay - Out, sejam um múltiplo inteiro dessa unidade de medida (bloco).

O projetista deve indicar, para cada objeto, suas possíveis localizações. Como a área total do Lay-Out é dividida em blocos sendo esses blocos numerados de preferência em ordem crescente na direção horizontal ou vertical, as possíveis localizações de um objeto serão identificadas pelo conjunto de números dos respectivos blocos que ele ocupa.

O fluxo ou interação existente entre os pares de objetos também deve ser levantado. Esse fluxo ou interação pode ser de material, informações, pessoas, etc.. Ao estimar essa interação, deve-se tomar o cuidado de definir uma unidade de medida co mum e uniforme, porque o fluxo entre diferentes objetos pode ter unidades diferentes, como transporte de tipos diferentes de mate riais, movimento de pessoas de salários variados, etc.. No caso de não haver interações entre objetos, ou ser muito difícil es timá-las com exatidão, estas podem ser substituídas pelo grau de rela çionamento desejado entre os objetos como, por exemplo, alta mente desejável, desejável, indiferente, indesejável, altamente indesejável; atribuindo-lhes valores numéricos adequados.

O custo fixo para alocar objetos em uma dada localização inclui a própria fixação do objeto, bem como os equipamentos adicionais necessários (instalações elétricas, tubulações, iluminação, ventilação, reforços no piso, etc.) para a instalação

do objeto no local designado. Este custo fixo será determinado pelo projetista do Lay-Out.

2. SIMBOLOGIA UTILIZADA

Para o desenvolvimento da técnica proposta para resolver problemas de Lay-Out é utilizada a seguinte simbologia.

$$x_{ik} \quad \begin{cases} = 1 & \text{se o objeto } i \text{ for designado para a localização } k \\ = 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

$$u_{ij} \quad = \text{interação entre os objetos } i \text{ e } j, \text{ dado em custo por unidade de distância.}$$

$$d(k_i, h_j) = \text{distância entre os centros das localizações } k \text{ e } h \text{ dos objetos } i \text{ e } j \text{ respectivamente.}$$

$$m \quad = \text{número de objetos.}$$

$$I(i) \quad = \text{número total de possíveis localizações do objeto } i.$$

$$J_i(k) \quad = \text{conjunto de blocos ocupados pelo objeto } i \text{ referente a localização } k.$$

$$f_{ik} \quad = \text{custo fixo em designar o objeto } i \text{ para a posição } k.$$

$$\alpha_{ikt} \quad \begin{cases} = 1 & \text{se o bloco } t \text{ pertence a } J_i(k) \\ = 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

$$\beta_{ikrs} \begin{cases} = 1 & \text{se o bloco } (r,s) \text{ pertencer a } J_i(k) \\ = 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

p = número total de blocos na direção horizontal da área total.

q = número total de blocos na direção vertical da área total.

$$y_{ikjh} \begin{cases} = 1 & \text{se ambos } x_{ik} \text{ e } x_{jh} \text{ forem iguais a 1} \\ = 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

3. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Para a formulação do problema supõe-se existir uma área na qual diferentes objetos devam ser localizados. Entre os objetos, dois a dois, é efetuada uma interação e o problema se resume em localizar estes objetos de tal forma que a interação total multiplicada pela distância e acrescida de algum custo fixo existente se torne mínima. A formulação do problema consiste no estabelecimento de uma função objetivo quadrática, duas restrições lineares e uma restrição quadrática.

3.1. FUNÇÃO OBJETIVO

O objetivo é minimizar a soma dos termos relativos a:

a) O produto das interações entre os pares de objetos

pelas respectivas distâncias

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \sum_{h=1}^{I(j)} u_{ij} x_{ik} x_{jh} d(k_i, h_j) \quad (3.1)$$

b) O custo fixo em alocar um objeto i em uma determinada localização k :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} f_{ik} x_{ik} \quad (3.2)$$

A função objetivo a ser minimizada é portanto a seguinte:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \sum_{h=1}^{I(j)} u_{ij} x_{ik} x_{jh} d(k_i, h_j) + \\ & + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} f_{ik} x_{ik} \end{aligned} \quad (3.3)$$

3.2. RESTRIÇÕES

a) Cada objeto i deve ser designado para um único local k :

$$\sum_{k=1}^{I(i)} x_{ik} = 1 \quad \text{para } i=1, 2, \dots, m \quad (3.4)$$

b) Cada bloco deve estar incluído no máximo em um objeto:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \alpha_{ikt} x_{ik} \leq 1 \quad \text{para cada bloco } t \quad (3.5)$$

c) Para evitar que dois objetos i e j ocupem uma certa posição relativa, k e h , inclui-se ainda a restrição:

$$x_{ik} + x_{jh} \leq 1 \quad (3.6)$$

Esta restrição só é utilizada quando há a necessidade de, por exemplo, evitar que dois objetos ocupem posições adjacentes dentro do projeto.

4. TRANSFORMAÇÃO DO PROBLEMA QUADRÁTICO EM LINEAR MISTO

Para o problema quadrático não foi encontrado nenhum método com processo de solução eficiente, portanto é conveniente transformar o problema quadrático em linear, através de uma substituição de variáveis, chegando a uma forma linear de fácil resolução.

4.1. A função objetivo pode ser transformada em linear através da:

a) Substituição do produto $(x_{ik} \cdot x_{jh})$ por y_{ikjh} , obtendo-se:

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \sum_{h=1}^{I(j)} u_{ij} y_{ikjh} d(k_i, h_j) + \\
& + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} f_{ik} x_{ik} \quad (4.1)
\end{aligned}$$

b) Inclusão de restrições adicionais:

Pelo fato de y_{ikjh} representar o produto de x_{ik} e x_{jh} , esta substituição é válida se y_{ikjh} obedecer as seguintes condições:

x_{ik}	x_{jh}	$y_{ikjh} = x_{ik} x_{jh}$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Estas condições podem ser garantidas pelas duas restrições a seguir.

$$\begin{aligned}
& x_{ik} + x_{jh} - y_{ikjh} \leq 1 \\
& -x_{ik} - x_{jh} + 2y_{ikjh} \leq 0
\end{aligned}
\quad \text{para} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, m \\ k = 1, 2, \dots, I(i) \\ j = 1, 2, \dots, m \\ h = 1, 2, \dots, I(j) \end{cases}$$

(4.2)

A inclusão destas duas restrições forçam y_{ikjh} a assumir valor 1 se, e somente se, o produto $(x_{ik} \cdot x_{jh})$ for igual a 1.

4.2. A restrição que força cada bloco a estar incluído no máximo em um objeto pode ser transformada em linear executando:

a) Substituição da restrição quadrática por:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \beta_{ikrs} \leq 1 \quad \text{para } \begin{cases} r = 1, 2, \dots, q \\ s = 1, 2, \dots, p \end{cases} \quad (4.3)$$

b) Inclusão de uma relação entre as variáveis x e β :

$$J_i(k) x_{ik} = \sum_{r=1}^q \sum_{s=1}^p \beta_{ikrs} \quad \text{para } \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ k=1, 2, \dots, I(i) \end{cases} \quad (4.4)$$

5. O PROBLEMA LINEAR MISTO

Após a transformação do problema quadrático em linear, tem-se:

5.1. Função objetivo a minimizar:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \sum_{h=1}^{I(j)} u_{ij} y_{ikjh} d(k_i, h_j) +$$

$$+ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} f_{ik} x_{ik} \quad (5.1)$$

5.2. Restrições:

a) Cada objeto deve ser designado para um único local:

$$\sum_{k=1}^{I(i)} x_{ik} = 1 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m \quad (5.2)$$

b) Cada bloco deve estar incluído no máximo em um objee

to :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \beta_{ikrs} \leq 1 \quad \text{para } \begin{cases} r=1, 2, \dots, q \\ s=1, 2, \dots, p \end{cases} \quad (5.3)$$

c) Relacionamento entre as variáveis x e β :

$$J_i(k) x_{ik} = \sum_{r=1}^q \sum_{s=1}^p \beta_{ikrs} \quad \text{para } \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ k=1, 2, \dots, I(i) \end{cases} \quad (5.4)$$

d) A variável y_{ikjh} pode assumir valor 1 se, e somente se, o produto $(x_{ik} \cdot x_{jh})$ for igual a 1:

$$\begin{aligned} x_{ik} + x_{jh} - y_{ikjh} &\leq 1 \\ -x_{ik} - x_{jh} + 2y_{ikjh} &\leq 0 \end{aligned} \quad \text{para } \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ k=1, 2, \dots, I(i) \\ j=1, 2, \dots, m \\ h=1, 2, \dots, I(j) \end{cases} \quad (5.5)$$

e) Para evitar que dois objetos i e j ocupem uma certa posição relativa k e h :

$$x_{ik} + x_{jh} \leq 1 \quad (5.6)$$

6. O ALGORITMO DE ENUMERAÇÃO PARCIAL (IMPLÍCITA)

O problema de Programação Linear Inteira apresentado anteriormente pode ser resolvido utilizando o Algoritmo de Enumeração Parcial (Implícita) a seguir exposto.

Este algoritmo aplica-se a problemas do tipo:

$$\text{Max} \quad \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (6.1)$$

$$\text{sujeito a} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{para } i=1,2,\dots,v \quad (6.2),$$

onde os valores inteiros possíveis são simplesmente:

$$x_j = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad \text{para } j=1,2,\dots,n \quad (6.3).$$

O subconjunto dos x_j , onde cada um dos x_j tem um valor atribuído (zero ou um), será chamado de solução parcial e os x_j incluídos na solução parcial serão denominados de variáveis fixas. Os x_j não incluídos na solução parcial serão chamados de variáveis livres. Qualquer atribuição específica de valores às variáveis livres é considerado como complemento da solução parcial existente. Desta forma tem-se que:

a) Dada uma solução parcial, as restrições lineares podem ser representadas da seguinte forma:

$$\sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{livres}}} a_{ij} x_j + \sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{fixas}}} a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{para } i=0,1,2,\dots,v$$

ou:

$$\sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{livres}}} a_{ij} x_j \leq b_i - \sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{fixas}}} a_{ij} x_j \quad \text{para } i=0,1,2,\dots,v \quad (6.4)$$

onde cada x_j da solução parcial tem um valor atribuído nos somatórios do lado direito do grupo de inequações (6.4).

Os coeficientes na restrição $i = 0$ (função objetivo) são:

$$\begin{aligned} a_{0j} &= -c_j \\ b_0 &= -x_0^t - 1 \end{aligned} \quad (6.5)$$

onde:

x_0^t = valor do limite inferior da função objetivo a cada iteração t . Na maximização, para $t=1$ é escolhido um valor inicial, geralmente igual a zero, válido para o caso de todos x_j assumirem valor zero.

Considerando as inequações (6.4) e (6.5), pode-se afirmar que não existe complemento possível, que corresponda a um valor da função objetivo maior que o limite inferior, se:

$$\sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{livres}}} \text{mínimo } (a_{ij}, 0) > b_i - \sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{fixas}}} a_{ij} x_j \quad \text{para qualquer } i \quad (6.6)$$

O termo à esquerda desta inequação representa simplesmente a soma de todos os coeficientes negativos das variáveis livres. Se tal soma for maior que o termo à direita então, mesmo tendo $x_j = 1$ para todas as variáveis livres, onde $a_{ij} < 0$, não se satisfará a i -ésima restrição em (6.4).

b) Dada uma solução parcial pode-se, as vezes, concluir que, uma determinada variável livre x_k deve assumir um valor particular (zero ou um) para satisfazer às condições da inequação (6.6). Especificamente, para qualquer variável livre x_k , se:

$$\sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{livres}}} \text{mínimo } (a_{ij}, 0) + |a_{ik}| > b_i - \sum_{\substack{\text{var.} \\ \text{fixas}}} a_{ij} x_j \quad (6.7)$$

para qualquer i ,

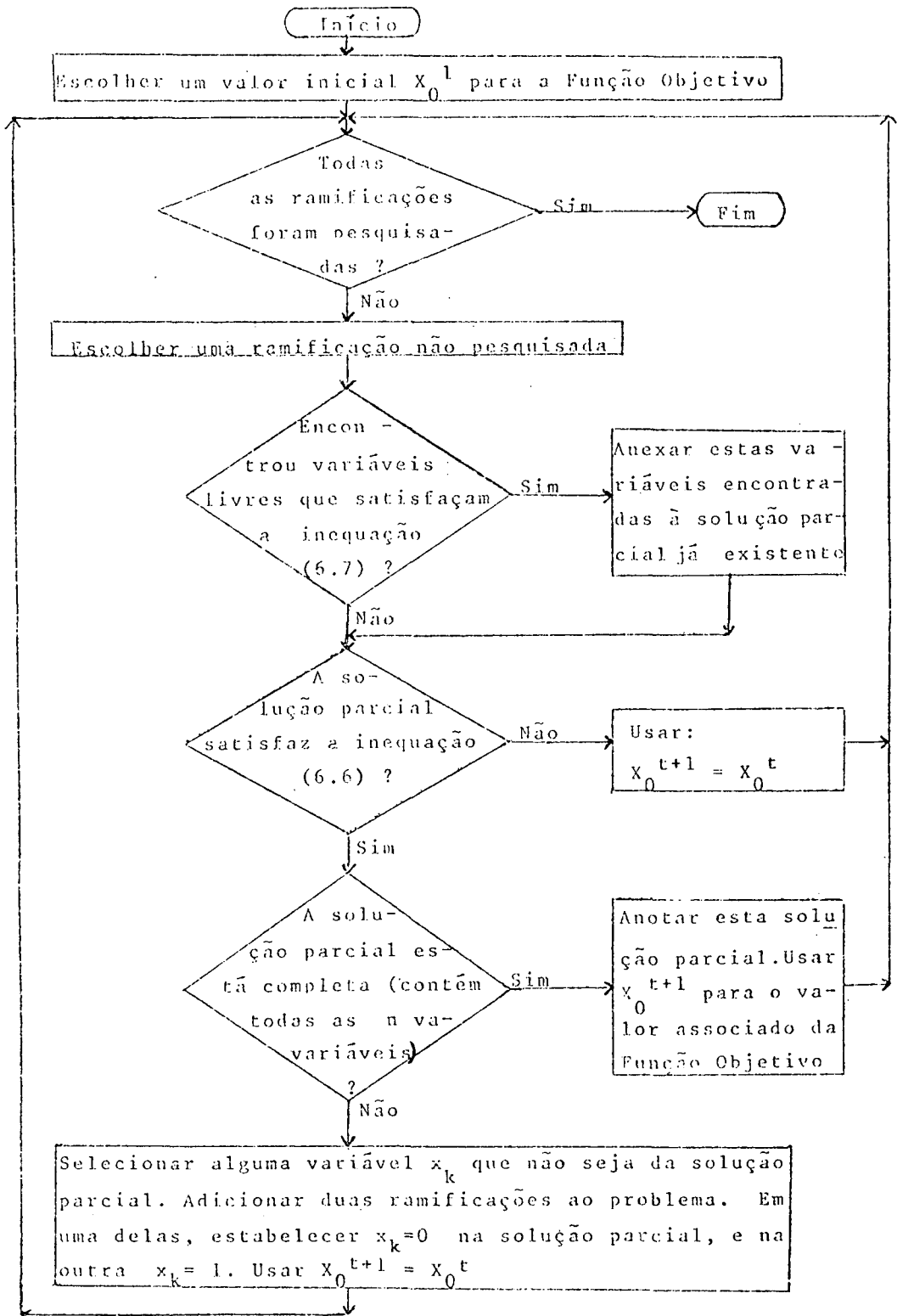
obrigatoriamente ter-se-á:

$$x_k = 0 \quad \text{se } a_{ik} > 0$$

e

$$x_k = 1 \quad \text{se } a_{ik} < 0$$

Fazendo uso das inequações (6.6) e (6.7) e do algoritmo apresentado no fluxograma a seguir, pode-se otimizar o sistema linear formado das inequações (6.1), (6.2) e (6.3).



Fluxograma do Algoritmo de Enumeração Parcial (Implícita)

Como conclusão, se houver uma solução possível produzindo um x_0^t , ela é ótima, caso contrário, não existe solução possível. O autor afirma que o método deve terminar em um número finito de iterações.

7. ADAPTAÇÃO DO MÉTODO PARA O CASO DE MINIMIZAÇÃO

Para o caso de minimização são feitas as seguintes modificações :

a) Os coeficientes na restrição $i = 0$ (função objetivo) serão :

$$a_{0j} = c_j$$

$$b_0 = x_0^t - 1$$

b) x_0^t = valor do limite superior da função objetivo a cada iteração t . Na minimização, para $t = 1$ é escolhido um valor inicial suficientemente grande ou então, calcula-se este valor fazendo todos os x_j da função objetivo iguais a 1.

c) As variáveis são calculadas para um valor da função objetivo menor que o limite superior x_0^t para a inequação (6.7).

d) O teste para o complemento possível é feito para um

valor da função objetivo menor que o limite superior X_0^t para a inequação (6.6).

8. ADAPTAÇÃO DO PROBLEMA LINEAR DE OTIMIZAÇÃO DE LAYOUT ÀS CONDIÇÕES DO MÉTODO DE ENUMERAÇÃO PARCIAL (IMPLÍCITA)

Para a utilização do método de Enumeração Parcial (Implícita), todas as restrições devem se encontrar sob a forma " \leq ". As restrições que estão sob a forma " $=$ " são transformadas em " \leq ".

Para a primeira iteração ($t = 1$) foi escolhido como valor do limite superior da função objetivo, $X_0^1 \leq \infty$.

Tem-se pois:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \sum_{h=1}^{I(j)} u_{ij} y_{ikjh} d(k_i, h_j) +$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} f_{ik} x_{ik} \leq \infty \quad (8.1)$$

$$\sum_{k=1}^{I(i)} x_{ik} \leq 1 \quad \text{para } i=1,2,\dots,m \quad (8.2)$$

$$- \sum_{k=1}^{I(i)} x_{ik} \leq -1 \quad \text{para } i=1,2,\dots,m \quad (8.3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{I(i)} \beta_{ikrs} \leq 1 \quad \text{para} \quad \begin{cases} r=1, 2, \dots, q \\ s=1, 2, \dots, p \end{cases} \quad (8.4)$$

$$J_i(k) x_{ik} \leq \sum_{r=1}^q \sum_{s=1}^p \beta_{ikrs} \quad \text{para} \quad \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ k=1, 2, \dots, I(i) \end{cases} \quad (8.5)$$

$$- J_i(k) x_{ik} \leq - \sum_{r=1}^q \sum_{s=1}^p \beta_{ikrs} \quad \text{para} \quad \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ k=1, 2, \dots, I(i) \end{cases} \quad (8.6)$$

$$\begin{aligned} x_{ik} + x_{jh} - y_{ikjh} &\leq 1 \\ - x_{ik} - x_{jh} + 2y_{ikjh} &\leq 0 \end{aligned} \quad \text{para} \quad \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ k=1, 2, \dots, I(i) \\ j=1, 2, \dots, m \\ h=1, 2, \dots, I(j) \end{cases} \quad (8.7)$$

e as restrições opcionais :

$$x_{ik} + x_{jh} \leq 1 \quad (8.8)$$

C A P Í T U L O I I I

APLICAÇÃO PRÁTICA

A aplicação prática do método desenvolvido foi feita para uma indústria metalúrgica no Rio Grande do Sul, que deseja mudar para novas instalações.

1. COLETA DE DADOS1.1. O PRÉDIO

O prédio foi projetado com uma área total de 50 x 30 metros quadrados e nele os equipamentos e serviços foram agrupados em 12 divisões, além dos sanitários, em um único piso térreo, sendo que há um mezanino para escritórios acima da expedição.

As 12 divisões e suas dimensões são as seguintes:

Código da divisão	Nome da divisão	Dimensões (m ²)
A	Enrolamento pesado	14 x 14
B	Enrolamento leve	12,5 x 7
C	Esmerilhamento	20 x 7
D	Prensas	9 x 6
E	Tratamento térmico	5 x 7
F	Zincagem e Cromagem	7,5 x 7

Código da divisão	Nome da divisão	Dimensões (m ²)
G	Jateamento	6 x 7
H	Serviços manuais	12,5 x 14
I	Manutenção - Mecânica	9 x 8
J	Controle de Qualidade	6,5 x 5
K	Almoxarifado	25 x 7
L	Expedição	6,5 x 25
	Sanitários	5 x 6

1.2. FLUXOS DE PRODUÇÃO

Como a metalúrgica fabricará muitos tipos de peças, estas foram agrupadas por semelhança de processamento.

Produtos	Volume (kg/dia)	Sequência
Grupo I	1500	K A C D E F J L
Grupo II	800	K B H E J L
Grupo III	1200	K A C G E J L
Grupo IV	400	K A C E F J L
Grupo V	200	K A D E F J L

1.3. PRINCIPAIS LIMITAÇÕES

Apesar de ser projeto de uma nova instalação, foram impostas algumas limitações:

As dimensões do prédio devem ser conservadas em 50 x

30 metros quadrados.

As divisões E (Tratamento térmico), F (Zincagem e Cromagem), G (Jateamento), J (Controle de Qualidade), L (Expedição) e Sanitários devem ficar na posição fixa proposta no projeto da figura 4 (Anexo V). A divisão K (Almoxarifado) pode variar de forma e dimensões em torno do local proposto no projeto da figura 4. As demais divisões podem variar de posição dentro do projeto de forma que se achar conveniente.

Com exceção das divisões E (Tratamento térmico), F (Zincagem e Cromagem) e G (Jateamento), as demais divisões possuem equipamentos leves instalados de forma a serem facilmente removíveis para o caso de expansões futuras e as instalações elétricas são todas aéreas de fácil modificação.

Existe a possibilidade de se realizar pequenas alterações nas dimensões das divisões A, B, C, D, H e K no caso de haver necessidade de corredores.

Os corredores devem ter uma largura maior ou igual a 2 metros.

Como a instalação é nova, não é considerado o custo fixo em alocar as divisões. O custo de transporte é considerado unitário por peso e por distância (Cr\$/m. kg).

2. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

2.1. MATRIZ ORIGEM - DESTINO

Pelos fluxos de produção, monta-se a matriz origem-destino da tabela 1.1 (Anexo I).

2.2. POSSÍVEIS LOCALIZAÇÕES PARA OS OBJETOS

Por problemas de limitação de tempo do computador, divide-se a área total em 25 x 15 blocos, sendo cada bloco de 2 x 2 metros quadrados. Como estes blocos de 2 x 2 metros quadrados não são um múltiplo inteiro de todos os objetos, fez-se uma aproximação das dimensões dos objetos que será considerada na avaliação posterior das alternativas.

Para os objetos foram consideradas as seguintes localizações como possíveis:

Objeto	posição	linha	coluna	nº total de blocos
A	1	5 a 11	1 a 7	49
	2	9 a 15	1 a 7	49
	3	1 a 7	11 a 17	49
	4	1 a 7	7 a 13	49
B	1	1 a 4	15 a 20	24
	2	1 a 6	11 a 14	24
	3	10 a 15	1 a 4	24
C	1	12 a 15	1 a 10	40
	2	8 a 11	12 a 21	40
	3	1 a 10	18 a 21	40
D	1	9 a 11	9 a 13	15
	2	11 a 15	8 a 10	15
	3	8 a 10	13 a 17	15
	4	6 a 10	15 a 17	15
	5	13 a 15	6 a 10	15
E	1	12 a 15	11 a 13	12

Objeto	posição	linha	coluna	nº total de blocos
F	1	12 a 15	16 a 19	16
G	1	12 a 15	20 a 22	12
H	1	5 a 11	15 a 20	42
	2	1 a 6	15 a 21	42
	3	9 a 15	5 a 10	42
I	1	5 a 8	9 a 13	20
	2	1 a 4	6 a 10	20
	3	1 a 5	14 a 17	20
	4	12 a 15	1 a 5	20
J	1	13 a 15	23 a 25	9
K	1	1 a 4	1 a 13	52
	2	1 a 8	1 a 5	
		5 a 8	6 a 10	60
	3	1 a 8	1 a 6	48
	4	1 a 4	1 a 10	40
L	1	1 a 12	23 a 25	36

2.3. DISTÂNCIAS CENTRO A CENTRO ENTRE OS OBJETOS

As distâncias centro a centro entre os objetos são apresentadas em uma matriz na tabela 1.2 (Anexo I).

3. SUBSTITUIÇÃO DOS DADOS NUMÉRICOS NO MODELO PROPOSTO

Substituindo os dados acima no modelo matemático (ine-

quações (8.1) a (8.8)) do capítulo III, fica-se com a formulação apresentada no Anexo II. Esta formulação consta de 31 variáveis x e 11625 variáveis β (que são as variáveis do problema) e de 961 variáveis artificiais y . A função objetivo é formada de uma soma de 103 parcelas. Os grupos de restrições (8.2) e (8.3) desdobraram-se em 12 inequações cada um. O grupo de restrições (8.4) desdobrou-se em 375 inequações sendo cada uma formada de uma soma de 31 parcelas. Os grupos de restrições (8.5) e (8.6) desdobraram-se em 31 inequações cada um e o grupo de restrições (8.7), em 932 inequações.

4. SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Com os dados e equacionamento acima apresentados, obteve-se, com o auxílio de Computador, as seguintes soluções, colocadas em ordem decrescente de custo total, para uma avaliação posterior:

4.1. PRIMEIRA ALTERNATIVA

Custo total de Cr\$ 394.929,31 para as seguintes posições das divisões:

Divisão A	na posição	2
Divisão B	na posição	2
Divisão C	na posição	2
Divisão D	na posição	2
Divisão E	na posição	1

Divisão	F	na posição	1
Divisão	G	na posição	1
Divisão	H	na posição	2
Divisão	I	na posição	2
Divisão	J	na posição	1
Divisão	K	na posição	2
Divisão	L	na posição	1

Esta solução está representada na figura 1 (Anexo V).

4.2. SEGUNDA ALTERNATIVA

Custo total de Cr\$ 393.359,44 para as seguintes posições das divisões:

Divisão	A	na posição	1
Divisão	B	na posição	2
Divisão	C	na posição	2
Divisão	D	na posição	5
Divisão	E	na posição	1
Divisão	F	na posição	1
Divisão	G	na posição	1
Divisão	H	na posição	2
Divisão	I	na posição	4
Divisão	J	na posição	1
Divisão	K	na posição	4
Divisão	L	na posição	1

Esta solução está representada na figura 2 (Anexo V).

4.3. TERCEIRA ALTERNATIVA

Custo total de Cr\$ 380.479,38 para as seguintes posições das divisões.

Divisão	A	na posição	4
Divisão	B	na posição	3
Divisão	C	na posição	3
Divisão	D	na posição	4
Divisão	E	na posição	1
Divisão	F	na posição	1
Divisão	G	na posição	1
Divisão	H	na posição	3
Divisão	I	na posição	3
Divisão	J	na posição	1
Divisão	K	na posição	3
Divisão	L	na posição	1

Esta solução está representada na figura 3 (Anexo V).

4.4. QUARTA ALTERNATIVA

Custo total de Cr\$ 380.329,56 para as seguintes posições das divisões:

Divisão	A	na posição	1
Divisão	B	na posição	1
Divisão	C	na posição	1

Divisão	D	na posição	1
Divisão	E	na posição	1
Divisão	F	na posição	1
Divisão	G	na posição	1
Divisão	H	na posição	1
Divisão	I	na posição	1
Divisão	J	na posição	1
Divisão	K	na posição	1
Divisão	L	na posição	1

Esta solução está representada na figura 4 (Anexo V).

4.5. QUINTA ALTERNATIVA

Custo total de Cr\$ 380.019,38 para as seguintes posições das divisões:

Divisão	A	na posição	4
Divisão	B	na posição	3
Divisão	C	na posição	3
Divisão	D	na posição	3
Divisão	E	na posição	1
Divisão	F	na posição	1
Divisão	G	na posição	1
Divisão	H	na posição	3
Divisão	I	na posição	3
Divisão	J	na posição	1
Divisão	K	na posição	3

Divisão L na posição 1

Esta solução está representada na figura 5 (Anexo V).

4.6. SEXTA ALTERNATIVA

Custo total de Cr\$ 372.709,31 para as seguintes posições das divisões:

Divisão A	na posição	3
Divisão B	na posição	3
Divisão C	na posição	3
Divisão D	na posição	3
Divisão E	na posição	1
Divisão F	na posição	1
Divisão G	na posição	1
Divisão H	na posição	3
Divisão I	na posição	2
Divisão J	na posição	1
Divisão K	na posição	2
Divisão L	na posição	1

Esta solução está representada na figura 6 (Anexo V).

Estas alternativas devem ser analisadas e avaliadas, pois nem sempre a alternativa de menor custo é a melhor devido às limitações técnicas e restrições qualitativas ou não, que não foram explicitadas pelos usuários.

C A P Í T U L O V

C O N C L U S Õ E S1. QUANTO AOS MÉTODOS EXISTENTES

Os métodos CRAFT, ALDEP, CORELAP, analisados no capítulo II, permitem as seguintes observações:

O método CRAFT não garante encontrar o Lay-Out de mínimo custo, pois não considera todas as permutações possíveis por serem muito trabalhosas; além disso, somente os departamentos adjacentes ou de mesma área são considerados para as permutações, sendo a solução final dependente da solução inicial fornecida ao programa.

O método ALDEP apresenta, como maior vantagem, o modo de selecionar a entrada de departamentos no Lay-Out, mas, por outro lado, tem a desvantagem de usar valores numéricos fixos atribuídos para o grau de relacionamento além do fato de não possuir uma forma eficiente que sirva de auxílio na escolha da melhor alternativa.

O método CORELAP comum só permite prefixar departamentos ao longo da periferia do projeto de Lay-Out. O CORELAP INTERATIVO permite interagir nos estágios intermediários do Lay-Out, evitando formas irregulares de departamentos e fixando localizações de departamentos onde for necessário. O CORELAP produz um Lay-Out final único. No caso de se desejar obter vários projetos

para posterior avaliação, é necessário modificar os dados de entrada.

2. QUANTO AO MÉTODO PROPOSTO

O método desenvolvido neste trabalho é o da Aproximação Linear Inteira. Neste método observa-se o seguinte:

Como as interações podem ser tanto qualitativas (como o grau de relacionamento) quanto quantitativas, o método aplica-se a qualquer tipo de problema de Lay-Out.

O fato de exigir-se do analista as possíveis localizações para os objetos elimina a possibilidade de haver localizações indesejáveis, tira vantagens da experiência do analista, reduz o tempo de computação pela redução do campo de pesquisas e permite fixar objetos em qualquer localização tecnicamente viável.

O símbolo $J_i(k)$, que é o conjunto de blocos ocupados pelo objeto i , se ele for alocado na posição k , admite que o objeto possa variar de forma e/ou tamanho conforme a posição que ocupa no Lay-Out, como por exemplo, uma máquina que no centro do departamento pode requerer uma área maior do que quando estiver junto a algum canto ou então áreas de estoque que não têm formas rígidas.

As distâncias entre os objetos são consideradas de centro a centro apesar de na prática as interações não se realizarem desta forma, além disso, existe a dificuldade de se determinar o centro de objetos de formas irregulares.

Os custos fixos em alocar os objetos para uma dada posição são bastante difíceis de serem determinados com exatidão.

Na prática o que se pode obter é apenas uma estimativa.

Na aplicação prática do método desenvolvido, o custo fixo foi considerado igual a zero pois no caso de implantação de um novo Lay-Out o custo fixo independe da localização do objeto.

Quando se deseja minimizar o movimento de cargas, considera-se unitário o custo por unidade de peso e por unidade de distância como foi feito na aplicação prática do método desenvolvido.

Recomenda-se que o analista incorpore as condições subjetivas desejadas através de restrições adicionais, criando um conjunto de soluções alternativas para o Lay-Out em estudo, para que os decisores possam melhor avaliar as repercussões econômicas das possíveis alterações desejadas.

3. RECOMENDAÇÕES

O método desenvolvido neste trabalho consistiu em uma adaptação do "Método de Ramificação e Corte" ("Branch and Bound")¹. A modificação introduzida trouxe algumas alterações bastante significativas em relação ao método original. Dentre as principais contribuições apresentadas pelo novo método destacam-se a possibilidade de se obter todas as alternativas de soluções possíveis com o seu custo total de transporte associado, deixando a cargo da experiência do analista a escolha da alternativa

¹ BAZARAA, Mokhtar S. Computerized layout design : a Branch and Bound Approach. AIEE Transactions, São Paulo, 7 (1) : 432-38, Dez. 1975.

que melhor lhe convém, pois nem sempre a alternativa de menor custo é realmente a mais conveniente. Como modificações negativas do novo método destaca-se a necessidade da criação de um número muito grande de variáveis o que o deixa computacionalmente em desvantagem em relação aos métodos anteriores. Por esta razão recomenda-se aos interessados na continuidade desta pesquisa um aprofundamento do estudo da definição das variáveis e do programa computacional, uma vez que o mesmo foi desenvolvido mais com o objetivo de testar a aplicabilidade do novo modelo matemático do que de atingir elevadas performances.

BIBLIOGRAFIA

1. BAZARAA, Mokhtar S. Computerized layout design : a Branch and Bound Approach. AIEE Transactions, São Paulo, 7 (1) : 432-38, Dez. 1975.
2. BUFFA, Elwood S. Readings in production and operations management. New York, John Wiley, 1966. p. 272-90.
3. FRANCIS, Richard L. & WHITE, John A. Facility layout and location an analytical approach. New Jersey, Prentice-Hall, 1974. p. 101-41.
4. MACHLINE, Claude et alii. Manual de administração da produção. 2.ed. Rio de Janeiro, F.G.V., 1970. v.1. p. 349 - 436.
5. MAYER, Raymond R. Administração da produção. trad. Clóvis Leite Monteiro. São Paulo, Atlas, 1972. v.1. p. 89-145.
6. MOORE, James M. Plant layout and design. New York, Macmillan, 1962.
7. MUTHER, Richard. Practical plant layout. New York, McGraw-Hill, 1955.
8. WAGNER, Harvey H. Principles of operations research with applications to managerial decisions. 2.ed. New Jersey , Prentice-Hall, 1969. p. 480-88.

A N E X O I

Tabêla 1.1 - Matriz Origem - Destino.

Tabela 1.2 - Matriz das Distâncias Centro a Centro entre os Objetos.

TABELA 1.1 - MATRIZ ORIGEM- DESTINO EM KG/DIA

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	0	3100	200	0	0	0	0	0	0	3300	0
B	0	0	0	0	0	0	800	0	0	800	0
C	3100	0	1500	400	0	1200	0	0	0	0	0
D	200	0	1500	0	1700	0	0	0	0	0	0
E	0	400	1700	0	2100	1200	800	0	2000	0	0
F	0	0	0	2100	0	0	0	0	2100	0	0
G	0	1200	0	1200	0	0	0	0	0	0	0
H	0	800	0	800	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	2000	2100	0	0	0	0	0	4100
K	3300	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	4100	0	0

TABELA 1.2 - MATRIZ DAS DISTÂNCIAS CENTRO A CENTRO ENTRE OS OBJETOS

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D4	D5	E1	F1	G1	H1	H2	N3	I1	I2	I3	I4	J1	K1	K2	K3	K4	L1
A1	0	9,0	21,2	13,9	28,7	18,2	10,4	12,9	24,3	30,8	14,1	15,2	22,7	24,0	15,5	19,9	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8
A2	9,0	0	25,6	20,0	33,1	23,5	3,6	4,6	24,6	33,2	14,4	10,3	23,1	25,1	9,4	15,9	27,0	33,7	28,2	31,8	6,8	18,1	20,8	29,5	3,9	40,0	20,3	12,1	15,0	19,2	41,1
A3	21,2	25,6	0	8,0	7,6	3,6	28,9	25,9	11,2	10,9	12,8	21,0	10,3	9,4	23,1	20,0	20,6	23,7	9,7	7,0	20,8	7,6	11,9	3,9	29,4	28,5	14,9	18,9	21,0	17,3	20,5
A4	13,9	20,0	8,0	0	15,2	4,6	22,8	21,5	15,9	18,7	11,1	18,6	14,5	14,7	20,3	19,8	24,5	29,0	18,3	15,0	16,8	4,3	4,6	11,3	23,9	34,5	7,4	11,2	13,0	9,5	28,3
B1	28,7	33,1	7,6	15,2	0	10,6	36,4	33,1	14,3	7,5	19,6	27,7	14,2	12,3	11,9	22,2	20,3	22,7	26,4	10,5	2,8	27,9	15,2	18,3	3,9	36,9	27,3	21,3	26,3	28,1	23,8
B2	18,2	23,5	3,6	4,6	10,6	0	26,6	24,3	13,5	14,5	12,1	20,3	12,3	11,9	22,2	20,3	22,7	26,4	10,5	2,8	27,9	15,2	18,3	3,9	36,9	27,3	21,3	26,3	28,1	23,8	15,8
B3	10,4	3,6	28,9	22,8	36,4	26,6	0	7,1	28,2	36,7	17,9	13,6	26,9	28,7	12,4	19,2	30,4	37,1	31,8	35,2	10,3	21,3	23,1	32,0	2,5	43,4	22,2	13,7	15,9	22,8	44,7
C1	12,9	4,6	25,9	21,5	23,1	24,3	7,1	0	22,8	32,1	13,5	7,1	21,7	23,7	5,5	12,5	23,8	30,5	26,8	31,4	5,1	18,7	23,2	29,7	5,5	36,8	23,1	15,6	18,9	22,5	37,3
C2	24,3	24,6	11,2	15,9	14,3	13,5	28,2	22,8	0	9,9	10,5	16,1	1,6	2,0	18,2	12,4	7,4	13,1	4,5	11,6	18,1	12,3	20,6	13,0	27,8	18,7	23,2	23,4	26,7	25,0	16,5
C3	30,8	33,2	14,1	10,3	7,5	14,5	36,7	32,1	9,9	0	14,8	25,7	10,6	8,5	27,8	22,3	16,9	16,8	5,5	5,1	27,1	17,0	22,8	9,3	36,7	19,8	25,8	29,0	31,6	28,1	9,6
D1	15,5	19,9	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8
D2	15,5	19,9	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8
D3	15,5	19,9	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8
D4	15,5	19,9	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8
D5	15,5	19,9	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8
E1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
F1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
G1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
H1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
H2	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
I1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
I2	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
I3	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
I4	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
J1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
K1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
K2	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
K3	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
K4	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2
L1	29,5	35,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	28,1	11,3	13,8	13,1	24,3	12,3	42,0	11,9	3,4	6,1	10,4	38,8	25,8	25,7	35,2

A N E X O I I

Formulação do modelo matemático para os dados apresentados no capítulo III.

Substituindo os dados numéricos no modelo matemático (inequações (8.1) a (8.8)) apresentado no capítulo III, fica-se com :

$$\begin{aligned}
 & 39990 Y_{A1C1} + 75330 Y_{A1C2} + 95480 Y_{A1C3} + 14260 Y_{A2C1} + \\
 & + 76260 Y_{A2C2} + 102920 Y_{A2C3} + 80290 Y_{A3C1} + 34720 Y_{A3C2} + \\
 & + 33790 Y_{A3C3} + 66650 Y_{A4C1} + 49290 Y_{A4C2} + 57970 Y_{A4C3} + \\
 & + 2820 Y_{A1D1} + 3040 Y_{A1D2} + 4540 Y_{A1D3} + 4800 Y_{A1D4} + \\
 & + 3100 Y_{A1D5} + 2880 Y_{A2D1} + 2060 Y_{A2D2} + 4660 Y_{A2D3} + \\
 & + 5020 Y_{A2D4} + 1880 Y_{A2D5} + 2560 Y_{A3D1} + 4200 Y_{A3D2} + \\
 & + 2080 Y_{A3D3} + 1880 Y_{A3D4} + 4620 Y_{A3D5} + 2220 Y_{A4D1} + \\
 & + 3720 Y_{A4D2} + 2900 Y_{A4D3} + 2940 Y_{A4D4} + 4060 Y_{A4D5} + \\
 & + 39270 Y_{A1K1} + 11220 Y_{A1K2} + 20130 Y_{A1K3} + 34320 Y_{A1K4} + \\
 & + 66990 Y_{A2K1} + 39930 Y_{A2K2} + 49500 Y_{A2K3} + 63360 Y_{A2K4} + \\
 & + 49170 Y_{A3K1} + 62370 Y_{A3K2} + 69300 Y_{A3K3} + 57090 Y_{A3K4} + \\
 & + 24420 Y_{A4K1} + 36960 Y_{A4K2} + 42900 Y_{A4K3} + 31350 Y_{A4K4} + \\
 & + 8400 Y_{B1H1} + 2240 Y_{B1H2} + 22320 Y_{B1H3} + 10320 Y_{B2H1} + \\
 & + 8400 Y_{B2H2} + 15520 Y_{B2H3} + 25440 Y_{B3H1} + 28160 Y_{B3H2} + \\
 & + 8240 Y_{B3H3} + 17040 Y_{B1K1} + 21040 Y_{B1K2} + 22480 Y_{B1K3} + \\
 & + 19040 Y_{B1K4} + 9040 Y_{B2K1} + 12560 Y_{B2K2} + 14080 Y_{B2K3} + \\
 & + 10960 Y_{B2K4} + 17760 Y_{B3K1} + 10960 Y_{B3K2} + 12720 Y_{B3K3} + \\
 & + 16640 Y_{B3K4} + 20100 Y_{C1D1} + 10650 Y_{C1D2} + 32550 Y_{C1D3} + \\
 & + 35550 Y_{C1D4} + 8250 Y_{C1D5} + 15750 Y_{C2D1} + 24150 Y_{C2D2} + \\
 & + 2400 Y_{C2D3} + 3000 Y_{C2D4} + 27150 Y_{C2D5} + 28200 Y_{C3D1} + \\
 & + 38550 Y_{C3D2} + 15900 Y_{C3D3} + 12900 Y_{C3D4} + 41700 Y_{C3D5} + \\
 & + 5000 Y_{C1E1} + 4960 Y_{C2E1} + 8920 Y_{C3E1} + 36600 Y_{C1G1} + \\
 & + 15720 Y_{C2G1} + 20160 Y_{C3G1} + 14620 Y_{D1E1} + 9520 Y_{D2E1} + \\
 & + 20060 Y_{D3E1} + 23630 Y_{D4E1} + 11900 Y_{D5E1} + 23730 Y_{E1F1} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + 21600 Y_{E1G1} + 13440 Y_{E1H1} + 18640 Y_{E1H2} + 7520 Y_{E1H3} + \\
 & + 48600 Y_{E1J1} + 27300 Y_{F1J1} + 61500 Y_{J1L1} \leq \infty
 \end{aligned}$$

$$x_{A1} + x_{A2} + x_{A3} + x_{A4} \leq 1$$

$$x_{B1} + x_{B2} + x_{B3} \leq 1$$

$$x_{C1} + x_{C2} + x_{C3} \leq 1$$

$$x_{D1} + x_{D2} + x_{D3} + x_{D4} + x_{D5} \leq 1$$

$$x_{E1} \leq 1$$

$$x_{F1} \leq 1$$

$$x_{G1} \leq 1$$

$$x_{H1} + x_{H2} + x_{H3} \leq 1$$

$$x_{I1} + x_{I2} + x_{I3} + x_{I4} \leq 1$$

$$x_{J1} \leq 1$$

$$x_{K1} + x_{K2} + x_{K3} + x_{K4} \leq 1$$

$$x_{L1} \leq 1$$

$$-x_{A1} - x_{A2} - x_{A3} - x_{A4} \leq -1$$

$$-x_{B1} - x_{B2} - x_{B3} \leq -1$$

$$-x_{C1} - x_{C2} - x_{C3} \leq -1$$

$$-x_{D1} - x_{D2} - x_{D3} - x_{D4} - x_{D5} \leq -1$$

$$-x_{E1} \leq -1$$

$$-x_{F1} \leq -1$$

$$-x_{G1} \leq -1$$

$$-x_{H1} - x_{H2} - x_{H3} \leq -1$$

$$- x_{I1} - x_{I2} - x_{I3} - x_{I4} \leq -1$$

$$- x_{JI} \leq -1$$

$$- x_{K1} - x_{K2} - x_{K3} - x_{K4} \leq -1$$

$$- x_{L1} \leq -1$$

$$\begin{aligned}
 & \beta_{A1rs} + \beta_{A2rs} + \beta_{A3rs} + \beta_{A4rs} + \beta_{B1rs} + \beta_{B2rs} + \\
 + & \beta_{B3rs} + \beta_{C1rs} + \beta_{C2rs} + \beta_{C3rs} + \beta_{D1rs} + \beta_{D2rs} + \\
 + & \beta_{D3rs} + \beta_{D4rs} + \beta_{D5rs} + \beta_{E1rs} + \beta_{F1rs} + \beta_{G1rs} + \\
 + & \beta_{H1rs} + \beta_{H2rs} + \beta_{H3rs} + \beta_{I1rs} + \beta_{I2rs} + \beta_{I3rs} + \\
 + & \beta_{I4rs} + \beta_{J1rs} + \beta_{K1rs} + \beta_{K2rs} + \beta_{K3rs} + \beta_{K4rs} + \\
 + & \beta_{L1rs} \leq 1
 \end{aligned}$$

para $r = 1, 2, 3, \dots, 15$

$s = 1, 2, 3, \dots, 25$

$$49 \ x_{A1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A1rs}$$

$$49 \ x_{A2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A2rs}$$

$$49 \ x_{A3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A3rs}$$

$$49 \ x_{A4} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A4rs}$$

$$24 \ x_{B1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{B1rs}$$

$$24 \ x_{B2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{B2rs}$$

$$24 \ x_{B3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{B3rs}$$

$$40 \ x_{C1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{C1rs}$$

$$40 \ x_{C2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{C2rs}$$

$$40 \ x_{C3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{C3rs}$$

$$15 \ x_{D1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D1rs}$$

$$15 \ x_{D2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D2rs}$$

$$15 \ x_{D3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D3rs}$$

$$15 \ x_{D4} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D4rs}$$

$$15 \ x_{D5} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D5rs}$$

$${}^{12}x_{E1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{E1rs}$$

$${}^{16}x_{F1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{F1rs}$$

$${}^{12}x_{G1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{G1rs}$$

$${}^{42}x_{H1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{H1rs}$$

$${}^{42}x_{H2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{H2rs}$$

$${}^{42}x_{H3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{H3rs}$$

$${}^{20}x_{I1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I1rs}$$

$${}^{20}x_{I2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I2rs}$$

$${}^{20}x_{I3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I3rs}$$

$${}^{20}x_{I4} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I4rs}$$

$$9 \ x_{J1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{J1rs}$$

$$52 \ x_{K1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K1rs}$$

$$60 \ x_{K2} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K2rs}$$

$$48 \ x_{K3} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K3rs}$$

$$40 \ x_{K4} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K4rs}$$

$$36 \ x_{L1} \leq \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{L1rs}$$

$$- 49 \ x_{A1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A1rs}$$

$$- 49 \ x_{A2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A2rs}$$

$$- 49 \ x_{A3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A3rs}$$

$$- 49 \ x_{A4} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{A4rs}$$

$$- 24 x_{B1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{B1rs}$$

$$- 24 x_{B2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{B2rs}$$

$$- 24 x_{B3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{B3rs}$$

$$- 40 x_{C1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{C1rs}$$

$$- 40 x_{C2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{C2rs}$$

$$- 40 x_{C3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{C3rs}$$

$$- 15 x_{D1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D1rs}$$

$$- 15 x_{D2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D2rs}$$

$$- 15 x_{D3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D3rs}$$

$$- 15 x_{D4} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D4rs}$$

$$- 15 x_{D5} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{D5rs}$$

$$- 12 x_{E1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{E1rs}$$

$$- 16 x_{F1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{F1rs}$$

$$- 12 x_{G1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{G1rs}$$

$$- 42 x_{H1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{H1rs}$$

$$- 42 x_{H2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{H2rs}$$

$$- 42 x_{H3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{H3rs}$$

$$- 20 x_{I1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I1rs}$$

$$- 20 x_{I2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I2rs}$$

$$- 20 x_{I3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I3rs}$$

$$- 20 x_{I4} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{I4rs}$$

$$- 9 x_{J1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{J1rs}$$

$$- 52 x_{K1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K1rs}$$

$$- 60 x_{K2} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K2rs}$$

$$- 48 x_{K3} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K3rs}$$

$$- 40 x_{K4} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{K4rs}$$

$$- 36 x_{L1} \leq - \sum_{r=1}^{15} \sum_{s=1}^{25} \beta_{L1rs}$$

$$x_{A1} + x_{A2} - y_{A1A2} \leq 1$$

$$x_{A1} + x_{A3} - y_{A1A3} \leq 1$$

$$x_{A1} + x_{A4} - y_{A1A4} \leq 1$$

$$x_{A1} + x_{B1} - y_{A1B1} \leq 1$$

$$x_{A1} + x_{B2} - y_{A1B2} \leq 1$$

$$x_{A1} + x_{B3} - y_{A1B3} \leq 1$$

x_{A1}	+	x_{C1}	-	Y_{A1C1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{C2}	-	Y_{A1C2}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{C3}	-	Y_{A1C3}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{D1}	-	Y_{A1D1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{D2}	-	Y_{A1D2}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{D3}	-	Y_{A1D3}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{D4}	-	Y_{A1D4}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{D5}	-	Y_{A1D5}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{E1}	-	Y_{A1E1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{F1}	-	Y_{A1F1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{G1}	-	Y_{A1G1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{H1}	-	Y_{A1H1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{H2}	-	Y_{A1H2}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{H3}	-	Y_{A1H3}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{I1}	-	Y_{A1I1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{I2}	-	Y_{A1I2}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{I3}	-	Y_{A1I3}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{I4}	-	Y_{A1I4}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{J1}	-	Y_{A1J1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{K1}	-	Y_{A1K1}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{K2}	-	Y_{A1K2}	\leq	1
x_{A1}	+	x_{K3}	-	Y_{A1K3}	\leq	1

$$\begin{array}{rclclcl}
x_{A1} & + & x_{K4} & - & y_{A1K4} & \leq & 1 \\
x_{A1} & + & x_{L1} & - & y_{A1L1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{A3} & - & y_{A2A3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{A4} & - & y_{A2A4} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{B1} & - & y_{A2B1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{B2} & - & y_{A2B2} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{B3} & - & y_{A2B3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{C1} & - & y_{A2C1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{C2} & - & y_{A2C2} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{C3} & - & y_{A2C3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{D1} & - & y_{A2D1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{D2} & - & y_{A2D2} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{D3} & - & y_{A2D3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{D4} & - & y_{A2D4} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{D5} & - & y_{A2D5} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{E1} & - & y_{A2E1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{F1} & - & y_{A2F1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{G1} & - & y_{A2G1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{H1} & - & y_{A2H1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{H2} & - & y_{A2H2} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{H3} & - & y_{A2H3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{I1} & - & y_{A2I1} & \leq & 1
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
x_{A2} & + & x_{I2} & - & Y_{A2I2} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{I3} & - & Y_{A2I3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{I4} & - & Y_{A2I4} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{J1} & - & Y_{A2J1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{K1} & - & Y_{A2K1} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{K2} & - & Y_{A2K2} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{K3} & - & Y_{A2K3} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{K4} & - & Y_{A2K4} & \leq & 1 \\
x_{A2} & + & x_{L1} & - & Y_{A2L1} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{A4} & - & Y_{A3A4} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{B1} & - & Y_{A3B1} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{B2} & - & Y_{A3B2} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{B3} & - & Y_{A3B3} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{C1} & - & Y_{A3C1} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{C2} & - & Y_{A3C2} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{C3} & - & Y_{A3C3} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{D1} & - & Y_{A3D1} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{D2} & - & Y_{A3D2} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{D3} & - & Y_{A3D3} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{D4} & - & Y_{A3D4} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{D5} & - & Y_{A3D5} & \leq & 1 \\
x_{A3} & + & x_{E1} & - & Y_{A3E1} & \leq & 1
\end{array}$$

x_{A3}	+	x_{F1}	-	Y_{A3F1}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{G1}	-	Y_{A3G1}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{H1}	-	Y_{A3H1}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{H2}	-	Y_{A3H2}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{H3}	-	Y_{A3H3}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{I1}	-	Y_{A3I1}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{I2}	-	Y_{A3I2}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{I3}	-	Y_{A3I3}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{I4}	-	Y_{A3I4}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{J1}	-	Y_{A3J1}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{K1}	-	Y_{A3K1}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{K2}	-	Y_{A3K2}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{K3}	-	Y_{A3K3}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{K4}	-	Y_{A3K4}	\leq	1
x_{A3}	+	x_{L1}	-	Y_{A3L1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{B1}	-	Y_{A4B1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{B2}	-	Y_{A4B2}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{B3}	-	Y_{A4B3}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{C1}	-	Y_{A4C1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{C2}	-	Y_{A4C2}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{C3}	-	Y_{A4C3}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{D1}	-	Y_{A4D1}	\leq	1

x_{A4}	+	x_{D2}	-	Y_{A4D2}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{D3}	-	Y_{A4D3}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{D4}	-	Y_{A4D4}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{D5}	-	Y_{A4D5}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{E1}	-	Y_{A4E1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{F1}	-	Y_{A4F1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{G1}	-	Y_{A4G1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{H1}	-	Y_{A4H1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{H2}	-	Y_{A4H2}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{H3}	-	Y_{A4H3}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{I1}	-	Y_{A4I1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{I2}	-	Y_{A4I2}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{I3}	-	Y_{A4I3}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{I4}	-	Y_{A4I4}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{J1}	-	Y_{A4J1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{K1}	-	Y_{A4K1}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{K2}	-	Y_{A4K2}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{K3}	-	Y_{A4K3}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{K4}	-	Y_{A4K4}	\leq	1
x_{A4}	+	x_{L1}	-	Y_{A4L1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{B2}	-	Y_{B1B2}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{B3}	-	Y_{B1B3}	\leq	1

x_{B1}	+	x_{C1}	-	Y_{B1C1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{C2}	-	Y_{B1C2}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{C3}	-	Y_{B1C3}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{D1}	-	Y_{B1D1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{D2}	-	Y_{B1D2}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{D3}	-	Y_{B1D3}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{D4}	-	Y_{B1D4}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{D5}	-	Y_{B1D5}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{E1}	-	Y_{B1E1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{F1}	-	Y_{B1F1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{G1}	-	Y_{B1G1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{H1}	-	Y_{B1H1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{H2}	-	Y_{B1H2}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{H3}	-	Y_{B1H3}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{I1}	-	Y_{B1I1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{I2}	-	Y_{B1I2}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{I3}	-	Y_{B1I3}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{I4}	-	Y_{B1I4}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{J1}	-	Y_{B1J1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{K1}	-	Y_{B1K1}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{K2}	-	Y_{B1K2}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{K3}	-	Y_{B1K3}	\leq	1

x_{B1}	+	x_{K4}	-	Y_{B1K4}	\leq	1
x_{B1}	+	x_{L1}	-	Y_{B1L1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{B3}	-	Y_{B2B3}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{C1}	-	Y_{B2C1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{C2}	-	Y_{B2C2}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{C3}	-	Y_{B2C3}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{D1}	-	Y_{B2D1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{D2}	-	Y_{B2D2}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{D3}	-	Y_{B2D3}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{D4}	-	Y_{B2D4}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{D5}	-	Y_{B2D5}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{E1}	-	Y_{B2E1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{F1}	-	Y_{B2F1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{G1}	-	Y_{B2G1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{H1}	-	Y_{B2H1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{H2}	-	Y_{B2H2}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{H3}	-	Y_{B2H3}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{I1}	-	Y_{B2I1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{I2}	-	Y_{B2I2}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{I3}	-	Y_{B2I3}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{I4}	-	Y_{B2I4}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{J1}	-	Y_{B2J1}	\leq	1

x_{B2}	+	x_{K1}	-	y_{B2K1}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{K2}	-	y_{B2K2}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{K3}	-	y_{B2K3}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{K4}	-	y_{B2K4}	\leq	1
x_{B2}	+	x_{L1}	-	y_{B2L1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{C1}	-	y_{B3C1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{C2}	-	y_{B3C2}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{C3}	-	y_{B3C3}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{D1}	-	y_{B3D1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{D2}	-	y_{B3D2}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{D3}	-	y_{B3D3}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{D4}	-	y_{B3D4}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{D5}	-	y_{B3D5}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{E1}	-	y_{B3E1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{F1}	-	y_{B3F1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{G1}	-	y_{B3G1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{H1}	-	y_{B3H1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{H2}	-	y_{B3H2}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{H3}	-	y_{B3H3}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{I1}	-	y_{B3I1}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{I2}	-	y_{B3I2}	\leq	1
x_{B3}	+	x_{I3}	-	y_{B3I3}	\leq	1

$$\begin{array}{rclclcl}
x_{B3} & + & x_{I4} & - & Y_{B3I4} & \leq & 1 \\
x_{B3} & + & x_{J1} & - & Y_{B3J1} & \leq & 1 \\
x_{B3} & + & x_{K1} & - & Y_{B3K1} & \leq & 1 \\
x_{B3} & + & x_{K2} & - & Y_{B3K2} & \leq & 1 \\
x_{B3} & + & x_{K3} & - & Y_{B3K3} & \leq & 1 \\
x_{B3} & + & x_{K4} & - & Y_{B3K4} & \leq & 1 \\
x_{B3} & + & x_{L1} & - & Y_{B3L1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{C2} & - & Y_{C1C2} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{C3} & - & Y_{C1C3} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{D1} & - & Y_{C1D1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{D2} & - & Y_{C1D2} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{D3} & - & Y_{C1D3} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{D4} & - & Y_{C1D4} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{D5} & - & Y_{C1D5} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{E1} & - & Y_{C1E1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{F1} & - & Y_{C1F1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{G1} & - & Y_{C1G1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{H1} & - & Y_{C1H1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{H2} & - & Y_{C1H2} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{H3} & - & Y_{C1H3} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{I1} & - & Y_{C1I1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{I2} & - & Y_{C1I2} & \leq & 1
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
x_{C1} & + & x_{I3} & - & Y_{C1I3} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{I4} & - & Y_{C1I4} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{J1} & - & Y_{C1J1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{K1} & - & Y_{C1K1} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{K2} & - & Y_{C1K2} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{K3} & - & Y_{C1K3} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{K4} & - & Y_{C1K4} & \leq & 1 \\
x_{C1} & + & x_{L1} & - & Y_{C1L1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{C3} & - & Y_{C2C3} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{D1} & - & Y_{C2D1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{D2} & - & Y_{C2D2} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{D3} & - & Y_{C2D3} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{D4} & - & Y_{C2D4} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{D5} & - & Y_{C2D5} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{E1} & - & Y_{C2E1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{F1} & - & Y_{C2F1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{G1} & - & Y_{C2G1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{H1} & - & Y_{C2H1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{H2} & - & Y_{C2H2} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{H3} & - & Y_{C2H3} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{I1} & - & Y_{C2I1} & \leq & 1 \\
x_{C2} & + & x_{I2} & - & Y_{C2I2} & \leq & 1
\end{array}$$

x_{C2}	+	x_{I3}	-	Y_{C2I3}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{I4}	-	Y_{C2I4}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{J1}	-	Y_{C2J1}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{K1}	-	Y_{C2K1}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{K2}	-	Y_{C2K2}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{K3}	-	Y_{C2K3}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{K4}	-	Y_{C2K4}	\leq	1
x_{C2}	+	x_{L1}	-	Y_{C2L1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{D1}	-	Y_{C3D1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{D2}	-	Y_{C3D2}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{D3}	-	Y_{C3D3}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{D4}	-	Y_{C3D4}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{D5}	-	Y_{C3D5}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{E1}	-	Y_{C3E1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{F1}	-	Y_{C3F1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{G1}	-	Y_{C3G1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{H1}	-	Y_{C3H1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{H2}	-	Y_{C3H2}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{H3}	-	Y_{C3H3}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{I1}	-	Y_{C3I1}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{I2}	-	Y_{C3I2}	\leq	1
x_{C3}	+	x_{I3}	-	Y_{C3I3}	\leq	1

$$\begin{array}{rclclcl}
x_{C3} & + & x_{I4} & - & Y_{C3I4} & \leq & 1 \\
x_{C3} & + & x_{J1} & - & Y_{C3J1} & \leq & 1 \\
x_{C3} & + & x_{K1} & - & Y_{C3K1} & \leq & 1 \\
x_{C3} & + & x_{K2} & - & Y_{C3K2} & \leq & 1 \\
x_{C3} & + & x_{K3} & - & Y_{C3K3} & \leq & 1 \\
x_{C3} & + & x_{K4} & - & Y_{C3K4} & \leq & 1 \\
x_{C3} & + & x_{L1} & - & Y_{C3L1} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{D2} & - & Y_{D1D2} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{D3} & - & Y_{D1D3} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{D4} & - & Y_{D1D4} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{D5} & - & Y_{D1D5} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{E1} & - & Y_{D1E1} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{F1} & - & Y_{D1F1} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{G1} & - & Y_{D1G1} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{H1} & - & Y_{D1H1} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{H2} & - & Y_{D1H2} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{H3} & - & Y_{D1H3} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{I1} & - & Y_{D1I1} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{I2} & - & Y_{D1I2} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{I3} & - & Y_{D1I3} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{I4} & - & Y_{D1I4} & \leq & 1 \\
x_{D1} & + & x_{J1} & - & Y_{D1J1} & \leq & 1
\end{array}$$

x_{D1}	+	x_{K1}	-	Y_{D1K1}	\leq	1
x_{D1}	+	x_{K2}	-	Y_{D1K2}	\leq	1
x_{D1}	+	x_{K3}	-	Y_{D1K3}	\leq	1
x_{D1}	+	x_{K4}	-	Y_{D1K4}	\leq	1
x_{D1}	+	x_{L1}	-	Y_{D1L1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{D3}	-	Y_{D2D3}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{D4}	-	Y_{D2D4}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{D5}	-	Y_{D2D5}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{E1}	-	Y_{D2E1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{F1}	-	Y_{D2F1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{G1}	-	Y_{D2G1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{H1}	-	Y_{D2H1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{H2}	-	Y_{D2H2}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{H3}	-	Y_{D2H3}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{I1}	-	Y_{D2I1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{I2}	-	Y_{D2I2}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{I3}	-	Y_{D2I3}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{I4}	-	Y_{D2I4}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{J1}	-	Y_{D2J1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{K1}	-	Y_{D2K1}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{K2}	-	Y_{D2K2}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{K3}	-	Y_{D2K3}	\leq	1

x_{D2}	+	x_{K4}	-	Y_{D2K4}	\leq	1
x_{D2}	+	x_{L1}	-	Y_{D2L1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{D4}	-	Y_{D3D4}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{D5}	-	Y_{D3D5}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{E1}	-	Y_{D3E1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{F1}	-	Y_{D3F1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{G1}	-	Y_{D3G1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{H1}	-	Y_{D3H1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{H2}	-	Y_{D3H2}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{H3}	-	Y_{D3H3}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{I1}	-	Y_{D3I1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{I2}	-	Y_{D3I2}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{I3}	-	Y_{D3I3}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{I4}	-	Y_{D3I4}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{J1}	-	Y_{D3J1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{K1}	-	Y_{D3K1}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{K2}	-	Y_{D3K2}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{K3}	-	Y_{D3K3}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{K4}	-	Y_{D3K4}	\leq	1
x_{D3}	+	x_{L1}	-	Y_{D3L1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{D5}	-	Y_{D4D5}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{E1}	-	Y_{D4E1}	\leq	1

x_{D4}	+	x_{F1}	-	Y_{D4F1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{G1}	-	Y_{D4G1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{H1}	-	Y_{D4H1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{H2}	-	Y_{D4H2}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{H3}	-	Y_{D4H3}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{I1}	-	Y_{D4I1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{I2}	-	Y_{D4I2}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{I3}	-	Y_{D4I3}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{I4}	-	Y_{D4I4}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{J1}	-	Y_{D4J1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{K1}	-	Y_{D4K1}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{K2}	-	Y_{D4K2}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{K3}	-	Y_{D4K3}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{K4}	-	Y_{D4K4}	\leq	1
x_{D4}	+	x_{L1}	-	Y_{D4L1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{E1}	-	Y_{D5E1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{F1}	-	Y_{D5F1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{G1}	-	Y_{D5G1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{H1}	-	Y_{D5H1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{H2}	-	Y_{D5H2}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{H3}	-	Y_{D5H3}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{I1}	-	Y_{D5I1}	\leq	1

x_{D5}	+	x_{I2}	-	Y_{D5I2}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{I3}	-	Y_{D5I3}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{I4}	-	Y_{D5I4}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{J1}	-	Y_{D5J1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{K1}	-	Y_{D5K1}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{K2}	-	Y_{D5K2}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{K3}	-	Y_{D5K3}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{K4}	-	Y_{D5K4}	\leq	1
x_{D5}	+	x_{L1}	-	Y_{D5L1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{F1}	-	Y_{E1F1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{G1}	-	Y_{E1G1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{H1}	-	Y_{E1H1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{H2}	-	Y_{E1H2}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{H3}	-	Y_{E1H3}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{I1}	-	Y_{E1I1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{I2}	-	Y_{E1I2}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{I3}	-	Y_{E1I3}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{I4}	-	Y_{E1I4}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{J1}	-	Y_{E1J1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{K1}	-	Y_{E1K1}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{K2}	-	Y_{E1K2}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{K3}	-	Y_{E1K3}	\leq	1

x_{E1}	+	x_{K4}	-	Y_{E1K4}	\leq	1
x_{E1}	+	x_{L1}	-	Y_{E1L1}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{G1}	-	Y_{F1G1}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{H1}	-	Y_{F1H1}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{H2}	-	Y_{F1H2}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{H3}	-	Y_{F1H3}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{I1}	-	Y_{F1I1}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{I2}	-	Y_{F1I2}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{I3}	-	Y_{F1I3}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{I4}	-	Y_{F1I4}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{J1}	-	Y_{F1J1}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{K1}	-	Y_{F1K1}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{K2}	-	Y_{F1K2}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{K3}	-	Y_{F1K3}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{K4}	-	Y_{F1K4}	\leq	1
x_{F1}	+	x_{L1}	-	Y_{F1L1}	\leq	1
x_{G1}	+	x_{H1}	-	Y_{G1H1}	\leq	1
x_{G1}	+	x_{H2}	-	Y_{G1H2}	\leq	1
x_{G1}	+	x_{H3}	-	Y_{G1H3}	\leq	1
x_{G1}	+	x_{I1}	-	Y_{G1I1}	\leq	1
x_{G1}	+	x_{I2}	-	Y_{G1I2}	\leq	1
x_{G1}	+	x_{I3}	-	Y_{G1I3}	\leq	1

$$\begin{array}{rclclcl}
x_{G1} & + & x_{I4} & - & Y_{G1I4} & \leq & 1 \\
x_{G1} & + & x_{J1} & - & Y_{G1J1} & \leq & 1 \\
x_{G1} & + & x_{K1} & - & Y_{G1K1} & \leq & 1 \\
x_{G1} & + & x_{K2} & - & Y_{G1K2} & \leq & 1 \\
x_{G1} & + & x_{K3} & - & Y_{G1K3} & \leq & 1 \\
x_{G1} & + & x_{K4} & - & Y_{G1K4} & \leq & 1 \\
x_{G1} & + & x_{L1} & - & Y_{G1L1} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{H2} & - & Y_{H1H2} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{H3} & - & Y_{H1H3} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{I1} & - & Y_{H1I1} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{I2} & - & Y_{H1I2} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{I3} & - & Y_{H1I3} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{I4} & - & Y_{H1I4} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{J1} & - & Y_{H1J1} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{K1} & - & Y_{H1K1} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{K2} & - & Y_{H1K2} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{K3} & - & Y_{H1K3} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{K4} & - & Y_{H1K4} & \leq & 1 \\
x_{H1} & + & x_{L1} & - & Y_{H1L1} & \leq & 1 \\
x_{H2} & + & x_{H3} & - & Y_{H2H3} & \leq & 1 \\
x_{H2} & + & x_{I1} & - & Y_{H2I1} & \leq & 1 \\
x_{H2} & + & x_{I2} & - & Y_{H2I2} & \leq & 1
\end{array}$$

x_{H2}	+	x_{I3}	-	y_{H2I3}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{I4}	-	y_{H2I4}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{J1}	-	y_{H2J1}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{K1}	-	y_{H2K1}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{K2}	-	y_{H2K2}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{K3}	-	y_{H2K3}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{K4}	-	y_{H2K4}	\leq	1
x_{H2}	+	x_{L1}	-	y_{H2L1}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{I1}	-	y_{H3I1}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{I2}	-	y_{H3I2}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{I3}	-	y_{H3I3}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{I4}	-	y_{H3I4}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{J1}	-	y_{H3J1}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{K1}	-	y_{H3K1}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{K2}	-	y_{H3K2}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{K3}	-	y_{H3K3}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{K4}	-	y_{H3K4}	\leq	1
x_{H3}	+	x_{L1}	-	y_{H3L1}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{I2}	-	y_{I1I2}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{I3}	-	y_{I1I3}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{I4}	-	y_{I1I4}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{J1}	-	y_{I1J1}	\leq	1

x_{I1}	+	x_{K1}	-	y_{I1K1}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{K2}	-	y_{I1K2}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{K3}	-	y_{I1K3}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{K4}	-	y_{I1K4}	\leq	1
x_{I1}	+	x_{L1}	-	y_{I1L1}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{I3}	-	y_{I2I3}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{I4}	-	y_{I2I4}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{J1}	-	y_{I2J1}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{K1}	-	y_{I2K1}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{K2}	-	y_{I2K2}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{K3}	-	y_{I2K3}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{K4}	-	y_{I2K4}	\leq	1
x_{I2}	+	x_{L1}	-	y_{I2L1}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{I4}	-	y_{I3I4}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{J1}	-	y_{I3J1}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{K1}	-	y_{I3K1}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{K2}	-	y_{I3K2}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{K3}	-	y_{I3K3}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{K4}	-	y_{I3K4}	\leq	1
x_{I3}	+	x_{L1}	-	y_{I3L1}	\leq	1
x_{I4}	+	x_{J1}	-	y_{I4J1}	\leq	1
x_{I4}	+	x_{K1}	-	y_{I4K1}	\leq	1

$$\begin{array}{rclcl}
x_{I4} & + & x_{K2} & - & Y_{I4K2} & \leq & 1 \\
x_{I4} & + & x_{K3} & - & Y_{I4K3} & \leq & 1 \\
x_{I4} & + & x_{K4} & - & Y_{I4K4} & \leq & 1 \\
x_{I4} & + & x_{L1} & - & Y_{I4L1} & \leq & 1 \\
x_{J1} & + & x_{K1} & - & Y_{J1K1} & \leq & 1 \\
x_{J1} & + & x_{K2} & - & Y_{J1K2} & \leq & 1 \\
x_{J1} & + & x_{K3} & - & Y_{J1K3} & \leq & 1 \\
x_{J1} & + & x_{K4} & - & Y_{J1K4} & \leq & 1 \\
x_{J1} & + & x_{L1} & - & Y_{J1L1} & \leq & 1 \\
x_{K1} & + & x_{K2} & - & Y_{K1K2} & \leq & 1 \\
x_{K1} & + & x_{K3} & - & Y_{K1K3} & \leq & 1 \\
x_{K1} & + & x_{K4} & - & Y_{K1K4} & \leq & 1 \\
x_{K1} & + & x_{L1} & - & Y_{K1L1} & \leq & 1 \\
x_{K2} & + & x_{K3} & - & Y_{K2K3} & \leq & 1 \\
x_{K2} & + & x_{K4} & - & Y_{K2K4} & \leq & 1 \\
x_{K2} & + & x_{L1} & - & Y_{K2L1} & \leq & 1 \\
x_{K3} & + & x_{K4} & - & Y_{K3K4} & \leq & 1 \\
x_{K3} & + & x_{L1} & - & Y_{K3L1} & \leq & 1 \\
x_{K4} & + & x_{L1} & - & Y_{K4L1} & \leq & 1 \\
- & x_{A1} & - & x_{A2} & + & 2 Y_{A1A2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{A3} & + & 2 Y_{A1A3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{A4} & + & 2 Y_{A1A4} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{A1} & - & x_{B1} & + & 2 Y_{A1B1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{B2} & + & 2 Y_{A1B2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{B3} & + & 2 Y_{A1B3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{C1} & + & 2 Y_{A1C1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{C2} & + & 2 Y_{A1C2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{C3} & + & 2 Y_{A1C3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{D1} & + & 2 Y_{A1D1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{D2} & + & 2 Y_{A1D2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{A1D3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{A1D4} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{A1D5} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{A1E1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{A1F1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{A1G1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{A1H1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{A1H2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{A1H3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{A1I1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{A1I2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{A1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{A1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{A1J1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{A1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{A1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{A1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{A1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{A1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{A1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{A1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{A3} & + & 2 Y_{A2A3} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{A4} & + & 2 Y_{A2A4} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{B1} & + & 2 Y_{A2B1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{B2} & + & 2 Y_{A2B2} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{B3} & + & 2 Y_{A2B3} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{C1} & + & 2 Y_{A2C1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{C2} & + & 2 Y_{A2C2} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{C3} & + & 2 Y_{A2C3} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{D1} & + & 2 Y_{A2D1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{D2} & + & 2 Y_{A2D2} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{A2D3} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{A2D4} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{A2D5} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{A2E1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{A2F1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{A2G1} & \leq & 0 \\
- & x_{A2} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{A2H1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
- x_{A2} - x_{H2} + 2 Y_{A2H2} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{H3} + 2 Y_{A2H3} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{I1} + 2 Y_{A2I1} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{I2} + 2 Y_{A2I2} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{I3} + 2 Y_{A2I3} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{I4} + 2 Y_{A2I4} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{J1} + 2 Y_{A2J1} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{K1} + 2 Y_{A2K1} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{K2} + 2 Y_{A2K2} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{K3} + 2 Y_{A2K3} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{K4} + 2 Y_{A2K4} &\leq 0 \\
- x_{A2} - x_{L1} + 2 Y_{A2L1} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{A4} + 2 Y_{A3A4} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{B1} + 2 Y_{A3B1} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{B2} + 2 Y_{A3B2} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{B3} + 2 Y_{A3B3} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{C1} + 2 Y_{A3C1} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{C2} + 2 Y_{A3C2} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{C3} + 2 Y_{A3C3} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{D1} + 2 Y_{A3D1} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{D2} + 2 Y_{A3D2} &\leq 0 \\
- x_{A3} - x_{D3} + 2 Y_{A3D3} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{A3} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{A3D4} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{A3D5} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{A3E1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{A3F1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{A3G1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{A3H1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{A3H2} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{A3H3} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{A3I1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{A3I2} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{A3I3} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{A3I4} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{A3J1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{A3K1} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{A3K2} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{A3K3} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{A3K4} & \leq & 0 \\
- & x_{A3} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{A3L1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{B1} & + & 2 Y_{A4B1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{B2} & + & 2 Y_{A4B2} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{B3} & + & 2 Y_{A4B3} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{C1} & + & 2 Y_{A4C1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{A4} & - & x_{C2} & + & 2 Y_{A4C2} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{C3} & + & 2 Y_{A4C3} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{D1} & + & 2 Y_{A4D1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{D2} & + & 2 Y_{A4D2} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{A4D3} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{A4D4} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{A4D5} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{A4E1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{A4F1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{A4G1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{A4H1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{A4H2} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{A4H3} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{A4I1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{A4I2} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{A4I3} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{A4I4} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{A4J1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{A4K1} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{A4K2} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{A4K3} & \leq & 0 \\
- & x_{A4} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{A4K4} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{A4} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{A4L1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{B2} & + & 2 Y_{B1B2} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{B3} & + & 2 Y_{B1B3} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{C1} & + & 2 Y_{B1C1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{C2} & + & 2 Y_{B1C2} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{C3} & + & 2 Y_{B1C3} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{D1} & + & 2 Y_{B1D1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{D2} & + & 2 Y_{B1D2} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{B1D3} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{B1D4} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{B1D5} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{B1E1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{B1F1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{B1G1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{B1H1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{B1H2} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{B1H3} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{B1I1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{B1I2} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{B1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{B1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{B1J1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{B1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{B1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{B1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{B1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{B1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{B1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{B1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{B3} & + & 2 Y_{B2B3} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{C1} & + & 2 Y_{B2C1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{C2} & + & 2 Y_{B2C2} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{C3} & + & 2 Y_{B2C3} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{D1} & + & 2 Y_{B2D1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{D2} & + & 2 Y_{B2D2} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{B2D3} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{B2D4} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{B2D5} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{B2E1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{B2F1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{B2G1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{B2H1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{B2H2} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{B2H3} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{B2I1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{B2I2} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{B2} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{B2I3} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{B2I4} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{B2J1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{B2K1} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{B2K2} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{B2K3} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{B2K4} & \leq & 0 \\
- & x_{B2} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{B2L1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{C1} & + & 2 Y_{B3C1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{C2} & + & 2 Y_{B3C2} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{C3} & + & 2 Y_{B3C3} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{D1} & + & 2 Y_{B3D1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{D2} & + & 2 Y_{B3D2} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{B3D3} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{B3D4} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{B3D5} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{B3E1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{B3F1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{B3G1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{B3H1} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{B3H2} & \leq & 0 \\
- & x_{B3} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{B3H3} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
- x_{B3} - x_{I1} + 2 y_{B3I1} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{I2} + 2 y_{B3I2} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{I3} + 2 y_{B3I3} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{I4} + 2 y_{B3I4} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{J1} + 2 y_{B3J1} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{K1} + 2 y_{B3K1} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{K2} + 2 y_{B3K2} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{K3} + 2 y_{B3K3} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{K4} + 2 y_{B3K4} &\leq 0 \\
- x_{B3} - x_{L1} + 2 y_{B3L1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{C2} + 2 y_{C1C2} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{C3} + 2 y_{C1C3} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{D1} + 2 y_{C1D1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{D2} + 2 y_{C1D2} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{D3} + 2 y_{C1D3} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{D4} + 2 y_{C1D4} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{D5} + 2 y_{C1D5} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{E1} + 2 y_{C1E1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{F1} + 2 y_{C1F1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{G1} + 2 y_{C1G1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{H1} + 2 y_{C1H1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{H2} + 2 y_{C1H2} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
- x_{C1} - x_{H3} + 2 Y_{C1H3} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{I1} + 2 Y_{C1I1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{I2} + 2 Y_{C1I2} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{I3} + 2 Y_{C1I3} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{I4} + 2 Y_{C1I4} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{J1} + 2 Y_{C1J1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{K1} + 2 Y_{C1K1} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{K2} + 2 Y_{C1K2} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{K3} + 2 Y_{C1K3} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{K4} + 2 Y_{C1K4} &\leq 0 \\
- x_{C1} - x_{L1} + 2 Y_{C1L1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{C3} + 2 Y_{C2C3} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{D1} + 2 Y_{C2D1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{D2} + 2 Y_{C2D2} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{D3} + 2 Y_{C2D3} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{D4} + 2 Y_{C2D4} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{D5} + 2 Y_{C2D5} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{E1} + 2 Y_{C2E1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{F1} + 2 Y_{C2F1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{G1} + 2 Y_{C2G1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{H1} + 2 Y_{C2H1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{H2} + 2 Y_{C2H2} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
- x_{C2} - x_{H3} + 2 Y_{C2H3} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{I1} + 2 Y_{C2I1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{I2} + 2 Y_{C2I2} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{I3} + 2 Y_{C2I3} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{I4} + 2 Y_{C2I4} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{J1} + 2 Y_{C2J1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{K1} + 2 Y_{C2K1} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{K2} + 2 Y_{C2K2} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{K3} + 2 Y_{C2K3} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{K4} + 2 Y_{C2K4} &\leq 0 \\
- x_{C2} - x_{L1} + 2 Y_{C2L1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{D1} + 2 Y_{C3D1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{D2} + 2 Y_{C3D2} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{D3} + 2 Y_{C3D3} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{D4} + 2 Y_{C3D4} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{D5} + 2 Y_{C3D5} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{E1} + 2 Y_{C3E1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{F1} + 2 Y_{C3F1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{G1} + 2 Y_{C3G1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{H1} + 2 Y_{C3H1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{H2} + 2 Y_{C3H2} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{H3} + 2 Y_{C3H3} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
- x_{C3} - x_{I1} + 2 Y_{C3I1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{I2} + 2 Y_{C3I2} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{I3} + 2 Y_{C3I3} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{I4} + 2 Y_{C3I4} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{J1} + 2 Y_{C3J1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{K1} + 2 Y_{C3K1} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{K2} + 2 Y_{C3K2} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{K3} + 2 Y_{C3K3} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{K4} + 2 Y_{C3K4} &\leq 0 \\
- x_{C3} - x_{L1} + 2 Y_{C3L1} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{D2} + 2 Y_{D1D2} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{D3} + 2 Y_{D1D3} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{D4} + 2 Y_{D1D4} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{D5} + 2 Y_{D1D5} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{E1} + 2 Y_{D1E1} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{F1} + 2 Y_{D1F1} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{G1} + 2 Y_{D1G1} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{H1} + 2 Y_{D1H1} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{H2} + 2 Y_{D1H2} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{H3} + 2 Y_{D1H3} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{I1} + 2 Y_{D1I1} &\leq 0 \\
- x_{D1} - x_{I2} + 2 Y_{D1I2} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{D1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{D1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{D1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{D1J1} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{D1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{D1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{D1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{D1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{D1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{D1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{D3} & + & 2 Y_{D2D3} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{D2D4} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{D2D5} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{D2E1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{D2F1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{D2G1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{D2H1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{D2H2} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{D2H3} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{D2I1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{D2I2} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{D2I3} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{D2I4} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{D2J1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{D2} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{D2K1} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{D2K2} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{D2K3} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{D2K4} & \leq & 0 \\
- & x_{D2} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{D2L1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{D4} & + & 2 Y_{D3D4} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{D3D5} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{D3E1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{D3F1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{D3G1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{D3H1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{D3H2} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{D3H3} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{D3I1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{D3I2} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{D3I3} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{D3I4} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{D3J1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{D3K1} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{D3K2} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{D3K3} & \leq & 0 \\
- & x_{D3} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{D3K4} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{D3} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{D3L1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{D5} & + & 2 Y_{D4D5} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{D4E1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{D4F1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{D4G1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{D4H1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{D4H2} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{D4H3} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{D4I1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{D4I2} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{D4I3} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{D4I4} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{D4J1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{D4K1} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{D4K2} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{D4K3} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{D4K4} & \leq & 0 \\
- & x_{D4} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{D4L1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{E1} & + & 2 Y_{D5E1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{D5F1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{D5G1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{D5H1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{D5} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{D5H2} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{D5H3} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{D5I1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{D5I2} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{D5I3} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{D5I4} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{D5J1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{D5K1} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{D5K2} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{D5K3} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{D5K4} & \leq & 0 \\
- & x_{D5} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{D5L1} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{F1} & + & 2 Y_{E1F1} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{E1G1} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{E1H1} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{E1H2} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{E1H3} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{E1I1} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{E1I2} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{E1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{E1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{E1J1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{E1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{E1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{E1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{E1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{E1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{E1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{E1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{G1} & + & 2 Y_{F1G1} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{F1H1} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{F1H2} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{F1H3} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{F1I1} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{F1I2} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{F1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{F1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{F1J1} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{F1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{F1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{F1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{F1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{F1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{F1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{F1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{H1} & + & 2 Y_{G1H1} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{G1H2} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{G1} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{G1H3} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{G1I1} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{G1I2} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{G1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{G1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{G1J1} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{G1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{G1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{G1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{G1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{G1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{G1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{H2} & + & 2 Y_{H1H2} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{H3} & + & 2 Y_{H1H3} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{I1} & + & 2 Y_{H1I1} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{I2} & + & 2 Y_{H1I2} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{I3} & + & 2 Y_{H1I3} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{I4} & + & 2 Y_{H1I4} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{H1J1} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{H1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{H1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{H1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{H1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{H1K4} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{H1} & - & x_{L1} & + & 2 & y_{H1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{H3} & + & 2 & y_{H2H3} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{I1} & + & 2 & y_{H2I1} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{I2} & + & 2 & y_{H2I2} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{I3} & + & 2 & y_{H2I3} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{I4} & + & 2 & y_{H2I4} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{J1} & + & 2 & y_{H2J1} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{K1} & + & 2 & y_{H2K1} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{K2} & + & 2 & y_{H2K2} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{K3} & + & 2 & y_{H2K3} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{K4} & + & 2 & y_{H2K4} & \leq & 0 \\
- & x_{H2} & - & x_{L1} & + & 2 & y_{H2L1} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{I1} & + & 2 & y_{H3I1} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{I2} & + & 2 & y_{H3I2} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{I3} & + & 2 & y_{H3I3} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{I4} & + & 2 & y_{H3I4} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{J1} & + & 2 & y_{H3J1} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{K1} & + & 2 & y_{H3K1} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{K2} & + & 2 & y_{H3K2} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{K3} & + & 2 & y_{H3K3} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{K4} & + & 2 & y_{H3K4} & \leq & 0 \\
- & x_{H3} & - & x_{L1} & + & 2 & y_{H3L1} & \leq & 0
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
& -x_{I1} - x_{I2} + 2y_{I1I2} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{I3} + 2y_{I1I3} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{I4} + 2y_{I1I4} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{J1} + 2y_{I1J1} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{K1} + 2y_{I1K1} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{K2} + 2y_{I1K2} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{K3} + 2y_{I1K3} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{K4} + 2y_{I1K4} \leq 0 \\
& -x_{I1} - x_{L1} + 2y_{I1L1} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{I3} + 2y_{I2I3} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{I4} + 2y_{I2I4} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{J1} + 2y_{I2J1} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{K1} + 2y_{I2K1} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{K2} + 2y_{I2K2} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{K3} + 2y_{I2K3} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{K4} + 2y_{I2K4} \leq 0 \\
& -x_{I2} - x_{L1} + 2y_{I2L1} \leq 0 \\
& -x_{I3} - x_{I4} + 2y_{I3I4} \leq 0 \\
& -x_{I3} - x_{J1} + 2y_{I3J1} \leq 0 \\
& -x_{I3} - x_{K1} + 2y_{I3K1} \leq 0 \\
& -x_{I3} - x_{K2} + 2y_{I3K2} \leq 0 \\
& -x_{I3} - x_{K3} + 2y_{I3K3} \leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
- & x_{I3} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{I3K4} & \leq & 0 \\
- & x_{I3} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{I3L1} & \leq & 0 \\
- & x_{I4} & - & x_{J1} & + & 2 Y_{I4J1} & \leq & 0 \\
- & x_{I4} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{I4K1} & \leq & 0 \\
- & x_{I4} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{I4K2} & \leq & 0 \\
- & x_{I4} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{I4K3} & \leq & 0 \\
- & x_{I4} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{I4K4} & \leq & 0 \\
- & x_{I4} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{I4L1} & \leq & 0 \\
- & x_{J1} & - & x_{K1} & + & 2 Y_{J1K1} & \leq & 0 \\
- & x_{J1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{J1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{J1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{J1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{J1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{J1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{J1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{J1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{K1} & - & x_{K2} & + & 2 Y_{K1K2} & \leq & 0 \\
- & x_{K1} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{K1K3} & \leq & 0 \\
- & x_{K1} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{K1K4} & \leq & 0 \\
- & x_{K1} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{K1L1} & \leq & 0 \\
- & x_{K2} & - & x_{K3} & + & 2 Y_{K2K3} & \leq & 0 \\
- & x_{K2} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{K2K4} & \leq & 0 \\
- & x_{K2} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{K2L1} & \leq & 0 \\
- & x_{K3} & - & x_{K4} & + & 2 Y_{K3K4} & \leq & 0 \\
- & x_{K3} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{K3L1} & \leq & 0 \\
- & x_{K4} & - & x_{L1} & + & 2 Y_{K4L1} & \leq & 0
\end{array}$$

A N E X O I I I

Programa computacional utilizado para testar a aplicabilidade do modelo matemático proposto.

```

      IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
      COMMON IBO(12),IBD(12,5),DBD(12,5,12,5),DAB(12,12),GOB(12,5)
      COMMON IVI(12,5),IFL(12,5),IVI(12,5,12,5),IFLI(12,5,12,5)
      COMMON IV2(12,5,15,25),IFIL(12,5,15,25),KP(4,130)
      COMMON IO,IV,IH,IS,IA,IC,IM,IN
      DEFINE FILE 4(99,700,L,IF)
      DEFINE FILE 5(99,7250,L,IP)
      DEFINE FILE 6(1188,7250,L,IR)
      JT=1
      AA=1E+75
      B=AA
      WRITE(3,9000)
9000  FORMAT(1H1)
      READ(1,1)IO,IV,IH,JS
      WRITE(3,1)IO,IV,IH,JS
      1  FORMAT(8(6X,I4))
      READ(1,2)(IBO(K),K=1,IO)
      2  FORMAT(8(6X,I4))
      WRITE(3,3)(IBO(K),K=1,IO)
      3  FORMAT((12(1X,I4),/))
      DO 84 I=1,IO
      J=IBO(I)
      READ(1,5)(IBD(I,K),K=1,J)
      WRITE(3,5)(IBD(I,K),K=1,J)
      5  FORMAT(8(6X,I4))
      84  CONTINUE
      DO 70 I=1,IO
      M=IBO(I)
      DO 70 K=1,M
      DO 70 J=1,IO
      N=IBD(J)
      READ(1,7)(DBD(I,K,J,L),L=1,N)
      WRITE(3,7)(DBD(I,K,J,L),L=1,N)
      7  FORMAT(8F10.1)
      70  CONTINUE
      DO 65 I=1,IO
      READ(1,10)(DAB(I,J),J=1,IO)
      10  FORMAT(8F10.2)
      WRITE(3,11)(DAB(I,J),J=1,IO)
      11  FORMAT(1X,F9.2,(6F10.2,/))
      65  CONTINUE
      DO 90 I=1,IO
      M=IBO(I)
      READ(1,15)(GOB(I,K),K=1,M)
      WRITE(3,15)(GOB(I,K),K=1,M)
      15  FORMAT(8F10.2)
      90  CONTINUE
      WRITE(3,25)JT,AA
      25  FORMAT(/,2X,'CT('',I3,'') ='',E7.0,4X,'VALOR INICIAL ARBITRADO
      * PARA O CUSTO TOTAL')
      WRITE(3,26)
      26  FORMAT(1H1)
      DO 688 I=1,IO
      M=IBO(I)
      DO 688 J=1,N

```

```

      IV1(I,J)=10
      IFL(I,J)=10
688 CONTINUE
      DO 701 IR=1,JS
701  WRITE(4*IR)IFL
      DO 680 I=1,10
      M=IBO(I)
      DO 680 K=1,M
      DO 680 J=1,10
      N=IBO(J)
      DO 630 L=1,N
      IV1(I,K,J,L)=10
      IFLI(I,K,J,L)=10
680 CONTINUE
      DO 702 IR=1,JS
702  WRITE(5*IR)IFLI
      DO 66 I=1,10
      N=IBO(I)
      DO 66 K=1,N
      DO 66 M=1,IV
      DO 66 NN=1,IH
      IV2(I,K,M,NN)=10
      IFIL(I,K,M,NN)=10
66 CONTINUE
      IR=1
      DO 703 M=1,JS
      DO 703 I=1,10
      N=IBO(I)
703  WRITE(6*IR)((IFIL(I,K,J,L),L=1,5),J=1,10),K=1,N)
      JS=0
85  JS=JS+1
      B4=1E+75
      DO 99 I=1,10
      N=IBO(I)
      DO 99 K=1,N
      DO 99 J=1,10
      NN=IBO(J)
      DO 99 L=1,NN
      IF(IV1(I,K,J,L)-10)99,78,99
78  BR=OBO(I,K,J,L)*OAB(I,J)
      IF(BR-BM)500,500,99
500  BM=BR
      IA=I
      IC=K
      IM=J
      IN=L
99 CONTINUE
      DO 100 I=1,10
      N=IBO(I)
      DO 100 K=1,N
      IF(IV0(I,K)-10)100,40,100
40  IF(BOB(I,K)-BM)30,30,100
30  B4=GOB(I,K)
      IA=I
      IC=K
      IA=0

```



```

      IN=0
100 CONTINUE
      IF (IM) 505, 89, 505
505  IV1(IA, IC, IM, IN)=1
      IV1(IM, IN, IA, IC)=1
      IR=JS
      READ(5, IR) IFL I
      IFLI(IA, IC, IM, IN)=1
      IFLI(IM, IN, IA, IC)=1
      IR=JS
      WRITE(5, IR) IFL I
      GO TO 71
89  IV1(IA, IC)=1
      IR=JS
      READ(4, IR) IFL
      IFL(IA, IC)=1
      IR=JS
      WRITE(4, IR) IFL
71  KP(1, JS)=IA
      KP(2, JS)=IC
      KP(3, JS)=IM
      KP(4, JS)=IN
88  CONTINUE
      CALL CALC2
      CALL CALC3
      CALL CALC4
      CALL TEST2
      IF (IS-1) 241, 241, 1111
241 CONTINUE
      DO 213 I=1, IO
      N=IBO(I)
      DO 213 J=1, N
      IF (IVJ(I, J)-10) 213, 333, 213
213 CONTINUE
      DO 233 I=1, IO
      N=IBO(I)
      DO 233 J=1, N
      DO 233 K=1, IO
      M=IBO(K)
      DO 233 L=1, M
      IF (IV1(I, J, K, L)-10) 233, 333, 233
233 CONTINUE
      DO 212 I=1, IO
      N=IBO(I)
      DO 212 J=1, N
      DO 212 K=1, IV
      DO 212 L=1, IH
      IF (IV2(I, J, K, L)-10) 212, 211, 212
211 CONTINUE
212 CONTINUE
      GO TO 300
333 CONTINUE
      DO 251 I=1, IO
      N=IBO(I)
      DO 251 K=1, N
      IFL(I, K)=IV3(I, K)

```

```

251 CONTINUE
  IR=JS
  WRITE(4,'JS')IFL
  DO 298 I=1,IO
    N=IBO(I)
    DO 298 J=1,N
      DO 298 K=1,IO
        NI=IBO(K)
        DO 298 L=1,N1
          IFLI(I,J,K,L)=IV1(I,J,K,L)
298 CONTINUE
  IR=JS
  WRITE(5,'IR')IFLI
  DO 258 I=1,IO
    N=IBO(I)
    DO 258 K=1,N
      DO 258 J=1,IV
        DO 258 L=1,IH
          IFIL(I,K,J,L)=IV2(I,K,J,L)
258 CONTINUE
  IR=JS
  DO 706 I=1,IO
    N=IBO(I)
706 WRITE(6,'IR')(((IFIL(I,K,J,L),L=1,5),J=1,IO),K=1,N)
    GO TO 85
300 M=0
  JT=JT+1
  DO 331 I=1,IO
    J=IBO(I)
    DO 331 J=1,N
      DO 331 K=1,IO
        M=IBO(K)
        DO 331 L=1,M
331 AAA=AAA+OAB(I,K)*OBD(I,J,K,L)*IV1(I,J,K,L)
    AAA=AAA/2
    DO 335 I=1,IO
      N=IBO(I)
      DO 335 J=1,N
335 AAA=AAA+GOB(I,J)*IVO(I,J)
  WRITE(3,345)AAA
345 FORMAT(////,10X,'CUSTO TOTAL =',F15.2,/,10X,'PARA OS SEGUIN
  *TES VALORES DAS VARIÁVEIS')
  DO 366 I=1,IO
    N=IBO(I)
    DO 366 J=1,N
      WRITE(3,351)I,J,IVO(I,J)
351 FORMAT(10X,2HX(,I3,IH,,I3,3H) =,I3)
366 CONTINUE
  WRITE(3,9000)
  B=AAA
1111 KM=JS
111 IF(1M)900,901,900
901 IF(IVO(IA,IC))902,658,902
902 IVO(IA,IC)=0
  GO TO 637
900 IF(IV1(IA,IC,IM,IN))625,658,625

```

```

625 IV1(IA,IC,IM,IN)=0
637 DO 642 I=1,IO
      N=IBO(I)
      DO 642 J=1,N
        DO 642 K=1,IO
          M=IBO(K)
          DO 642 L=1,M
            IV1(I,J,K,L)=10
642 IFLI(I,J,K,L)=10
      IR=KM
      WRITE(5,IR)IFLI
      DO 613 I=1,IO
        N=IBO(I)
        DO 613 J=1,N
          IVO(I,J)=10
613 IFL(I,J)=10
      IR=KM
      WRITE(4,IR)IFL
      DO 628 I=1,IO
        N=IBO(I)
        DO 628 J=1,N
          DO 628 K=1,IV
            DO 628 L=1,IH
              IV2(I,J,K,L)=10
628 IFIL(I,J,K,L)=10
      IR=KM
      DO 707 I=1,IO
        N=IBO(I)
707 WRITE(6,IR)((IFIL(I,K,J,L),L=1,5),J=1,IO),K=1,N)
      IF(IM)643,631,643
631 IR=JS
      READ(4,IR)IFL
      IFL(IA,IC)=0
      IR=JS
      WRITE(4,IR)IFL
      GO TO 611
643 IR=JS
      READ(5,IR)IFLI
      IFLII(IA,IC,IM,IN)=0
      IFLII(IM,IN,IA,IC)=0
      IR=JS
      WRITE(5,IR)IFLI
611 DO 651 M=1,JS
      IR=M
      READ(4,IR)IFL
      DO 651 I=1,IO
        N=IBO(I)
        DO 651 K=1,N
          IF(IFL(I,K)-10)800,651,800
800 IVO(I,K)=IFL(I,K)
651 CONTINUE
      DO 801 M=1,JS
      IR=M
      READ(5,IR)IFLI
      DO 801 I=1,IO
        N=IBO(I)

```

```

      DO 301 K=1,N
      DO 801 J=1,IO
      NJ=IBO(J)
      DO 801 L=1,NJ
      IF(IFLI(I,K,J,L)-10)802,801,802
802  IV1(I,K,J,L)=IFLI(I,K,J,L)
801  CONTINUE
      DO 350 L=1,JS
      IR=L
      DO 703 II=1,IO
      IN=IBO(II)
703  READ(6*IF)((IFIL(II,KK,JJ,LL),LL=1,5),JJ=1,IO),KK=1,NN)
      DO 850 I=1,IO
      NI=IBO(I)
      DO 850 K=1,NI
      DO 850 M=1,IV
      DO 850 N=1,IH
      IF(IFLI(I,K,M,N)-10)860,850,860
860  IV2(I,K,M,N)=IFIL(I,K,M,N)
850  CONTINUE
      GO TO 83
658  JS=JS-1
      IF(JS)671,671,672
672  CONTINUE
      IA=KP(1,JS)
      IC=KP(2,JS)
      IM=KP(3,JS)
      IN=KP(4,JS)
      DO 615 I=1,IO
      J=IBO(I)
      DO 615 J=1,N
      DO 615 K=1,IO
      M=IBO(K)
      DO 615 L=1,M
615  IFLI(I,J,K,L)=10
      IR=JS
      WRITE(5*IF)IFLI
      DO 623 I=1,IO
      N=IBO(I)
      DO 623 J=1,N
623  IFL(I,J)=10
      IR=JS
      WRITE(4*IF)IFL
      DO 667 I=1,IO
      N=IBO(I)
      DO 667 J=1,N
      DO 667 K=1,IV
      DO 667 L=1,IH
667  IFIL(I,J,K,L)=10
      IR=JS
      DO 709 I=1,IO
      N=IBO(I)
709  WRITE(6*IF)((IFIL(I,K,J,L),L=1,5),J=1,IO),K=1,N)
      GO TO 111
671  STOP
      END

```

```

SUBROUTINE CALC2
IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
COMMON IBD(12),IBD(12,5),DBD(12,5,12,5),DAB(12,12),GOB(12,5)
COMMON IVO(12,5),IFL(12,5),IV1(12,5,12,5),IFL1(12,5,12,5)
COMMON IV2(12,5,15,25),IFIL(12,5,15,25),KP(4,130)
COMMON IO,IV,IH,IS,IA,IC,IM,IN
DO 77 I=1,10
  N=IBD(I)
  DO 72 J=1,N
    IF(IVO(I,J)-10)72,100,72
100 X=0
    DO 92 K=1,N
      IF(IVO(I,K)-10)51,92,51
    51 X=X+IVO(I,K)
    92 CONTINUE
    IF(X)72,72,43
    43 IVO(I,J)=0
    72 CONTINUE
    77 CONTINUE
    DO 25 I=1,10
      N=IBD(I)
      DO 35 J=1,N
        IF(IVO(I,J)-10)35,21,35
    21 X=0
        Y=0
        DO 311 K=1,N
          IF(IVO(I,K)-10)321,325,321
    325 Y=Y-1
          GO TO 311
    321 X=X-IVO(I,K)
    311 CONTINUE
        IF(Y+X+2)35,35,42
    42 IVO(I,J)=1
    35 CONTINUE
    25 CONTINUE
    DO 33 I=1,10
      N=IBD(I)
      DO 33 M=1,N
        IF(IVO(I,M)-10)31,32,31
    32 X=0
        Y=0
        DO 80 J=1,IV
          DO 80 L=1,IH
            IF(IV2(I,M,J,L)-10)66,666,66
    66 X=X-IV2(I,M,J,L)
            GO TO 80
    666 Y=Y-1
    80 CONTINUE
        IF(Y+IBD(I,M)+X)33,33,888
    888 IVO(I,M)=0
    31 DO 23 J=1,IV
      DO 23 L=1,IH
        IF(IV2(I,M,J,L)-10)23,867,23
    867 Y=0
        X=0
        IF(IVO(I,M)-10)355,556,355

```

```

355 X=X+IBD(I,M)*IVD(I,M)
356 DO 22 K=1,IV
      DO 22 KK=1,IH
      IF(IV2(I,4,K,KK)-10)95,26,95
95  X=X-IV2(I,M,K,KK)
      DO 10 22
26  Y=Y-1
22  CONTINUE
      IF(Y+1+X)23,23,901
901  IV2(I,M,J,L)=1
23  CONTINUE
33  CONTINUE
      DO 18 I=1,10
      N=IBD(I)
      DO 18 L=1,N
      IF(IVD(I,L)-10)3,4,3
4  Y=-IBD(I,L)
      X=0
      DO 19 M=1,IV
      DO 19 J=1,IH
      IF(IV2(I,L,M,J)-10)16,19,16
16  X=X+IV2(I,L,M,J)
19  CONTINUE
      IF(Y+X+IBD(I,L))18,18,78
78  IVD(I,L)=1
3  DO 6 J=1,IV
      DO 6 K=1,IH
      IF(IV2(I,L,J,K)-10)6,67,6
67  Y=0
      X=0
      IF(IVD(I,L)-10)87,9,87
87  X=X-IBD(I,L)*IVD(I,L)
      GO TO 97
9  Y=Y-IBD(I,L)
97  DO 61 JJ=1,IV
      DO 61 KK=1,IH
      IF(IV2(I,L,JJ,KK)-10)76,61,76
76  X=X+IV2(I,L,JJ,KK)
61  CONTINUE
      IF(Y+1+X)6,6,96
96  IV2(I,L,J,K)=0
6  CONTINUE
18  CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE CALC3
      IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
      COMMON IBD(12),IBD(12,5),DBD(12,5,12,5),DAB(12,12),GOB(12,5)
      COMMON IVD(12,5),IFL(12,5),IV1(12,5,12,5),IFLI(12,5,12,5)
      COMMON IV2(12,5,15,25),IFIL(12,5,15,25),KP(4,130)
      COMMON IO,IV,IH,IS,IA,IC,IM,IN
      DO 53 I=1,IV
      DO 53 J=1,IH
      DO 53 K=1,IO
      N=IBD(K)
      DO 53 L=1,N

```

```

      IF(IV2(K,L,1,J)-10)53,34,53
34 X=)
      DO 52 KK=1,10
      A=180(KK)
      DO 52 LL=1,M
      IF(IV2(KK,LL,I,J)-10)91,52,91
91 X=X+IV2(KK,LL,I,J)
52 CONTINUE
      IF(X)53,53,69
69 IV2(K,L,I,J)=0
53 CONTINUE
      DO 93 I=1,10
      N=180(I)
      DO 93 J=1,N
      DO 93 K=1,10
      M=180(K)
      DO 93 L=1,M
      IF(IV0(I,J)-10)71,94,71
94 X=)
      Y=)
      IF(IV0(K,L)-10)41,90,+1
41 X=X+IV0(K,L)
90 IF(IV1(I,J,K,L)-10)62,53,62
62 X=X-IV1(I,J,K,L)
      DO 70 78
53 Y=-1
78 IF(Y+X)93,93,63
63 IV0(I,J)=0
71 IF(IV0(K,L)-10)42,83,42
83 Y=0
      X=0
      IF(IV0(I,J)-10)21,22,21
21 X=X+IV0(I,J)
22 IF(IV1(I,J,K,L)-10)39,38,39
39 X=X-IV1(I,J,K,L)
      DO 20 20
38 Y=-1
20 IF(Y+X)93,93,50
50 IV0(K,L)=0
42 IF(IV1(I,J,K,L)-10)93,35,93
35 Y=-1
      X=0
      IF(IV0(I,J)-10)24,51,24
24 X=X+IV0(I,J)
51 IF(IV2(K,L)-10)9,59,9
9 X=X+IV0(K,L)
59 IF(Y+X)93,93,27
27 IV1(I,J,K,L)=1
93 CONTINUE
      DO 12 I=1,10
      N=180(I)
      DO 12 J=1,N
      DO 12 K=1,10
      M=180(K)
      DO 12 L=1,M
      IF(IV0(I,J)-10)60,26,60

```

```

26 X=0
   Y=Y-1
   IF(IV0(K,L)-10)45,25,45
45 X=X-IV0(K,L)
   GO TO 88
25 Y=Y-1
88 IF(IV1(I,J,K,L)-10)37,30,37
37 X=X+2*IV1(I,J,K,L)
30 IF(Y+X+1)12,12,966
966 IV0(I,J)=1
   GO IF(IV0(K,L)-10)11,40,11
40 Y=1
   X=0
   IF(IV0(I,J)-10)15,98,15
15 X=X-IV0(I,J)
   GO TO 23
98 Y=Y-1
23 IF(IV1(I,J,K,L)-10)67,95,67
67 X=X+2*IV1(I,J,K,L)
95 IF(Y+X+1)12,12,89
89 IV0(K,L)=1
11 IF(IV1(I,J,K,L)-10)12,66,12
66 Y=0
   X=0
   IF(IV0(I,J)-10)2,3,2
2 X=X-IV0(I,J)
   GO TO 68
3 Y=Y-1
68 IF(IV0(K,L)-10)17,18,17
17 X=X-IV0(K,L)
   GO TO 103
18 Y=Y-1
103 IF(Y+X+2)12,12,19
19 IV1(I,J,K,L)=0
12 CONTINUE
   RETURN
   END
SUBROUTINE CALC4
IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
COMMON IBD(12),IBD(12,5),OBD(12,5,12,5),OAB(12,12),GOB(12,5)
COMMON IV0(12,5),IFL(12,5),IV1(12,5,12,5),IFLI(12,5,12,5)
COMMON IV2(12,5,15,25),IFIL(12,5,15,25),KP(4,130)
COMMON IO,IV,IH,IS,IA,IC,IM,IN
IF(IV0(1,1)-1)32,1,32
1 GO TO 100 I=5,11
   GO TO 100 K=1,7
100 IV2(1,1,I,K)=1
32 IF(IV0(1,2)-1)33,2,33
2 GO TO 101 I=9,15
   GO TO 101 K=1,7
101 IV2(1,2,I,K)=1
33 IF(IV0(1,3)-1)34,3,34
3 GO TO 102 I=1,7
   GO TO 102 K=11,17
102 IV2(1,3,I,K)=1
34 IF(IV0(1,4)-1)35,4,35

```



```

4  DO 103 I=1,7
   DO 103 K=7,13
103 IV2(1,4,I,K)=1
35 IF(IV0(2,1)-1)36,5,36
5  DO 104 I=1,4
   DO 104 K=15,20
104 IV2(2,1,I,K)=1
36 IF(IV0(2,2)-1)37,6,37
6  DO 105 I=1,6
   DO 105 K=11,14
105 IV2(2,2,I,K)=1
37 IF(IV0(2,3)-1)38,7,38
7  DO 106 I=10,15
   DO 106 K=1,4
106 IV2(2,3,I,K)=1
38 IF(IV0(3,1)-1)39,3,39
8  DO 107 I=12,15
   DO 107 K=1,10
107 IV2(3,1,I,K)=1
39 IF(IV0(3,2)-1)40,9,40
9  DO 108 I=8,11
   DO 108 K=12,21
108 IV2(3,2,I,K)=1
40 IF(IV0(3,3)-1)41,10,41
10 DO 109 I=1,10
   DO 109 K=18,21
109 IV2(3,3,I,K)=1
41 IF(IV0(4,1)-1)42,11,42
11 DO 110 I=9,11
   DO 110 K=9,13
110 IV2(4,1,I,K)=1
42 IF(IV0(4,2)-1)43,12,43
12 DO 111 I=11,15
   DO 111 K=8,10
111 IV2(4,2,I,K)=1
43 IF(IV0(4,3)-1)44,13,44
13 DO 112 I=8,10
   DO 112 K=13,17
112 IV2(4,3,I,K)=1
44 IF(IV0(4,4)-1)45,14,45
14 DO 113 I=8,10
   DO 113 K=15,17
113 IV2(4,4,I,K)=1
45 IF(IV0(4,5)-1)46,15,46
15 DO 114 I=13,15
   DO 114 K=6,10
114 IV2(4,5,I,K)=1
46 IF(IV0(5,1)-1)47,16,47
16 DO 115 I=12,15
   DO 115 K=11,13
115 IV2(5,1,I,K)=1
47 IF(IV0(6,1)-1)48,17,48
17 DO 116 I=12,15
   DO 116 K=16,19
116 IV2(6,1,I,K)=1
48 IF(IV0(7,1)-1)49,18,49

```

```

118 DO 117 I=12,15
      DO 117 K=20,22
117 IV2(7,1,I,K)=1
      49 IF(IV0(8,1)-1)50,19,50
      19 DO 118 I=5,11
          DO 118 K=15,20
118 IV2(8,1,I,K)=1
      50 IF(IV0(8,2)-1)51,20,51
      20 DO 119 I=1,6
          DO 119 K=15,21
119 IV2(8,2,I,K)=1
      51 IF(IV0(8,3)-1)52,21,52
      21 DO 120 I=9,15
          DO 120 K=5,10
120 IV2(8,3,I,K)=1
      52 IF(IV0(9,1)-1)53,22,53
      22 DO 121 I=5,8
          DO 121 K=9,13
121 IV2(9,1,I,K)=1
      53 IF(IV0(9,2)-1)54,23,54
      23 DO 122 I=1,4
          DO 122 K=6,10
122 IV2(9,2,I,K)=1
      54 IF(IV0(9,3)-1)55,24,55
      24 DO 123 I=1,5
          DO 123 K=14,17
123 IV2(9,3,I,K)=1
      55 IF(IV0(9,4)-1)56,25,56
      25 DO 124 I=12,15
          DO 124 K=1,5
124 IV2(9,4,I,K)=1
      56 IF(IV0(10,1)-1)57,26,57
      26 DO 125 I=13,15
          DO 125 K=23,25
125 IV2(10,1,I,K)=1
      57 IF(IV0(11,1)-1)58,27,58
      27 DO 126 I=1,4
          DO 126 K=1,13
126 IV2(11,1,I,K)=1
      58 IF(IV0(11,2)-1)59,28,59
      28 DO 127 I=1,8
          DO 127 K=1,5
127 IV2(11,2,I,K)=1
      DO 128 I=5,8
          DO 128 K=6,10
128 IV2(11,2,I,K)=1
      59 IF(IV0(11,3)-1)60,29,60
      29 DO 129 I=1,8
          DO 129 K=1,6
129 IV2(11,3,I,K)=1
      60 IF(IV0(11,4)-1)61,30,61
      30 DO 130 I=1,4
          DO 130 K=1,10
130 IV2(11,4,I,K)=1
      DO 131 I=5,12
          DO 131 K=8,10

```

```

132 IV2(11,4,I,K)=1
61 IF(IV0(12,1)-1)70,31,70
31 DO 131 I=1,12
   DO 131 K=23,25
131 IV2(12,1,I,K)=1
70 RETURN
END
SUBROUTINE TEST2
IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
COMMON IBO(12),IBO(12,5),OBD(12,5,12,5),DAB(12,12),GOB(12,5)
COMMON IV0(12,5),IFL(12,5),IV1(12,5,12,5),IFLI(12,5,12,5)
COMMON IV2(12,5,15,25),IFIL(12,5,15,25),KP(4,130)
COMMON IO,IV,IH,IS,IA,IC,IM,IN
IS=0
DO 81 I=1,IO
  K=0
  N=IBO(I)
  DO 83 J=1,N
    IF(IV0(I,J)-10)74,83,74
74 X=X+IV0(I,J)
83 CONTINUE
    IF(X-1)81,81,10
10 IS=2
    GO TO 902
81 CONTINUE
    IS=0
    DO 40 I=1,IO
      K=0
      Y=0
      N=IBO(I)
      DO 80 J=1,N
        IF(IV0(I,J)-10)44,90,44
44 X=X-IV0(I,J)
        GO TO 80
90 Y=Y-1
80 CONTINUE
        IF(Y+X+1)40,40,12
12 IS=2
        GO TO 902
40 CONTINUE
        IS=0
        DO 48 I=1,IO
          N=IBO(I)
          DO 48 J=1,N
            X=0
            Y=0
            IF(IV0(I,J)-10)46,82,46
46 X=X+IBO(I,J)*IV0(I,J)
82 DO 47 K=1,IV
          DO 47 L=1,IH
            IF(IV2(I,J,K,L)-10)57,56,57
57 X=X-IV2(I,J,K,L)
            GO TO 47
56 Y=Y-1
47 CONTINUE
            IF(Y+X)48,48,4

```

```

4  IS=2
   GO TO 902
48  CONTINUE
   IS=0
   DO 111 I=1,10
   V=IBD(I)
   DO 111 L=1,N
   Y=0
   X=0
   IF(IV0(I,L)-10)137,151,137
137 X=X-IBD(I,L)*IV0(I,L)
   GO TO 199
151 Y=Y-IBD(I,L)
199 DO 923 M=1,IV
   DO 923 J=1,IH
   IF(IV2(I,L,M,J)-10)145,923,145
145 X=X+IV2(I,L,M,J)
923 CONTINUE
   IF(Y+X)111,111,11
   11  IS=2
   GO TO 902
111  CONTINUE
   IS=0
   DO 166 I=1,IV
   DO 166 J=1,IH
   X=0
   DO 266 K=1,10
   V=IBD(K)
   DO 266 L=1,N
   IF(IV2(K,L,I,J)-10)163,266,163
163 X=X+IV2(K,L,I,J)
266 CONTINUE
   IF(X-1)166,166,1111
1111 IS=2
   GO TO 902
166  CONTINUE
   IS=0
   DO 221 I=1,10
   V=IBD(I)
   DO 221 J=1,N
   DO 221 K=1,10
   W=IBD(K)
   DO 221 L=1,M
   Y=0
   X=0
   IF(IV0(I,J)-10)251,253,251
251 X=X+IV0(I,J)
253 IF(IV0(K,L)-10)202,203,202
202 X=X+IV0(K,L)
203 IF(IV1(I,J,K,L)-10)271,268,271
271 X=X-IV1(I,J,K,L)
   GO TO 293
268 Y=-1
293 IF(Y+X-1)221,221,206
206  IS=2
   GO TO 902

```

```
221 CONTINUE
    IS=0
    DO 241 I=1,10
        N=180(I)
        DO 241 J=1,N
            DO 241 K=1,10
                M=180(K)
                DO 241 L=1,M
                    Y=J
                    X=J
                    IF(IV0(I,J)-10)263,246,263
263 X=X-IV0(I,J)
                    GO TO 98
246 Y=Y-1
                    98 IF(IV0(K,L)-10)201,272,201
201 X=X-IV0(K,L)
                    GO TO 211
272 Y=Y-1
211 IF(IV1(I,J,K,L)-10)215,231,215
215 X=X+2*IV1(I,J,K,L)
231 IF(Y+X)241,241,112
112 IS=2
        GO TO 902
241 CONTINUE
902 RETURN
    END
```

A N E X O IV

Solução fornecida pelo computador.

A listagem apresentada a seguir, se divide em duas partes:

a) DADOS DE ENTRADA

Linha 1 = número de objetos (m), número de blocos na direção vertical (q), número de blocos na direção horizontal (p) e número de bifurcações previstas.

Linha 2 = possíveis localizações para os objetos ($I(i), i=1,2,\dots,12$).

Linha 3 a 14 = conjunto de blocos ocupados pelos 12 objetos nas diversas localizações.

Linha 15 a 386 = distâncias entre os centros dos objetos aos pares, conforme tabela 1.2 do Anexo I.

Linha 387 a 410 = interações entre os pares de objetos conforme tabela 1.1 do Anexo I.

Linha 411 a 422 = custo fixo em designar os objetos para uma dada localização.

b) DADOS DE SAÍDA

O computador fornece 6 soluções alternativas com seus respectivos custos de transporte. Cada solução apresentada deve ser interpretada da seguinte forma: todas as variáveis $x(i, k)$ que forem iguais a um, representam com seus índices (i,k), as posições dos objetos i nas localizações k para aquele arranjo de Lay-Out considerado.

29.0				
16.3	15.0	15.3		
4.3	4.6	11.3	23.9	
34.5				
7.4	11.2	13.0	9.5	
28.3				
28.7	33.1	7.6	15.2	
0.0	10.6	36.4		
33.1	14.3	7.5		
19.6	27.7	14.2	12.3	29.8
25.6				
23.0				
24.0				
10.5	2.3	27.9		
15.2	18.3	3.9	36.9	
27.3				
21.3	26.3	28.1	23.8	
15.8				
18.2	23.5	3.6	4.6	
10.6	0.0	26.6		
24.3	13.5	14.5		
12.1	20.3	12.3	11.9	22.2
20.3				
22.7				
26.4				
12.9	10.5	19.4		
5.6	3.3	6.7	27.4	
31.5				
11.3	15.7	17.6	13.7	
24.1				
10.4	3.6	23.9	22.3	
36.4	26.6	0.0		
7.1	28.2	36.7		
17.9	13.6	26.9	28.7	12.4
19.2				
30.4				
37.1				
31.3	35.2	10.3		
21.3	23.1	32.8	2.5	
43.4				
22.2	13.7	15.9	20.3	
44.7				
12.9	4.6	25.9	21.5	
33.1	24.3	7.1		
0.0	22.8	32.1		
13.5	7.1	21.7	23.7	5.5
12.5				
23.8				
30.5				
26.8	31.4	5.1		
18.7	23.2	29.7	5.5	
36.8				
23.1	15.6	18.9	22.5	
39.3				
24.3	24.6	11.2	15.9	
14.3	13.5	23.2		
22.8	0.0	9.9		

10.5	16.1	1.6	2.0	18.2
12.4				
9.4				
13.1				
4.5	11.6	18.1		
12.3	20.6	13.0	27.3	
18.7				
23.2	23.4	26.7	25.0	
16.5				
30.8	33.2	10.9	18.7	
7.5	14.5	36.7		
32.1	9.9	0.0		
18.8	25.7	10.6	8.5	27.8
22.3				
16.9				
16.8				
5.5	5.1	27.1		
17.0	22.3	9.3	36.7	
19.8				
25.8	29.0	31.6	28.1	
9.6				
14.1	14.4	12.3	11.1	
19.6	12.1	17.9		
13.5	10.5	18.8		
0.0	8.3	9.1	10.3	10.3
8.7				
15.7				
21.7				
13.3	17.9	8.4		
7.0	14.9	16.5	17.9	
27.9				
16.6	13.9	17.6	17.5	
26.3				
15.2	10.3	21.0	18.6	
27.7	20.3	13.6		
7.1	16.1	25.7		
8.3	0.0	15.1	17.2	2.1
5.6				
16.3				
23.5				
20.3	25.7	4.1		
14.9	21.6	24.7	12.5	
29.8				
22.5	16.3	20.7	22.6	
32.5				
22.7	23.3	10.3	14.5	
14.2	12.3	26.9		
21.7	1.6	10.6		
9.1	15.1	0.0	2.1	17.2
11.3				
10.4				
14.5				
5.2	11.7	16.9		
10.8	19.1	12.5	26.6	
20.2				
21.7	21.3	25.2	23.4	
17.3				

24.0	25.1	9.4	14.7	
12.3	11.9	23.7		
23.7	2.0	8.5		
10.8	17.2	2.1	0.0	19.3
13.9				
11.3				
14.5				
3.1	9.7	18.8		
11.4	19.3	11.0	28.5	
19.8				
22.1	22.9	26.1	23.0	
16.0				
15.5	9.4	23.1	20.3	
29.8	22.2	12.4		
5.5	18.2	27.8		
10.3	2.1	17.2	19.3	0.0
7.0				
18.3				
25.0				
22.4	27.3	4.4		
16.8	23.0	26.8	11.0	
31.3				
23.7	17.5	21.2	23.6	
34.5				
19.9	15.9	20.0	19.3	
25.6	20.3	19.2		
12.5	12.4	22.3		
8.7	5.6	11.8	13.9	7.0
0.0				
11.3				
18.0				
16.8	23.3	9.4		
15.6	23.6	23.2	18.0	
24.3				
25.1	20.9	24.8	25.7	
28.0				
29.5	27.0	20.6	24.5	
23.0	22.7	30.4		
23.8	9.4	16.9		
15.7	16.3	10.4	11.3	18.3
11.3				
0.0				
6.8				
12.5	20.3	20.3		
20.4	29.0	22.3	29.3	
13.0				
31.3	29.6	33.4	32.7	
19.1				
35.8	33.7	23.7	29.0	
24.0	26.4	37.1		
30.5	13.1	16.8		
21.7	23.5	14.5	14.5	25.0
18.0				
6.8				
0.0				
14.2	21.3	27.0		
25.3	33.5	24.4	36.0	

6.3				
36.2	35.6	39.1	37.9	
15.3				
26.8	28.2	9.7	16.3	
10.5	12.9	31.8		
26.8	4.5	5.5		
13.8	20.3	5.2	3.1	22.4
16.8				
12.5				
14.2				
0.0	7.8	21.9		
13.6	20.8	10.2	31.5	
13.7				
23.7	25.4	28.4	25.3	
13.1				
28.1	31.3	7.0	15.0	
2.8	10.5	35.2		
31.4	11.6	5.1		
17.9	25.7	11.7	9.7	27.8
23.3				
20.3				
21.3				
7.8	0.0	26.3		
14.3	18.6	4.4	35.5	
24.8				
21.7	25.9	28.1	24.1	
14.2				
11.3	6.8	20.8	16.3	
27.9	19.4	10.3		
5.1	18.1	27.1		
8.4	4.1	16.9	13.3	4.4
9.4				
20.3				
27.0				
21.9	26.3	0.0		
13.3	19.1	24.6	9.7	
33.3				
19.5	13.1	16.9	19.4	
34.6				
13.8	13.1	7.6	4.3	
15.2	5.6	21.3		
18.7	12.3	17.0		
7.0	14.9	10.8	11.4	16.8
15.6				
20.4				
25.3				
13.6	14.3	13.3		
0.0	8.6	11.5	21.9	
31.0				
11.0	12.0	14.8	12.6	
26.3				
13.1	20.3	11.9	4.6	
13.3	8.3	23.1		
23.2	20.6	22.3		
14.9	21.6	19.1	19.3	23.0
23.6				
29.0				

33.6				
20.6	13.6	19.1		
6.6	0.0	14.5	24.6	
39.1				
3.0	9.9	10.3	5.5	
32.4				
24.9	29.5	3.9	11.3	
3.9	6.7	32.8		
29.7	13.0	9.3		
16.5	24.7	12.5	11.0	26.8
23.2				
22.3				
24.4				
10.2	4.4	24.6		
11.5	14.5	0.0	33.4	
28.5				
17.5	22.5	24.3	20.0	
18.6				
12.3	3.9	29.4	23.9	
36.9	27.4	2.5		
5.5	27.8	36.7		
17.9	12.5	26.6	28.5	11.0
18.0				
29.3				
36.0				
31.6	35.5	9.7		
21.9	24.6	33.4	0.0	
42.3				
23.9	15.5	18.1	22.7	
44.4				
42.0	40.0	23.5	34.5	
27.3	31.5	43.4		
36.8	18.7	19.8		
27.9	29.3	20.2	19.8	31.3
24.3				
13.0				
6.3				
18.7	24.8	33.3		
31.0	39.1	28.5	42.3	
0.0				
41.8	41.7	45.2	43.6	
15.0				
11.9	20.3	14.9	7.4	
21.3	11.3	22.2		
23.1	23.2	25.8		
16.6	22.5	21.7	22.1	23.7
25.1				
31.3				
36.2				
23.7	21.7	19.5		
11.0	3.0	17.5	23.9	
41.8				
0.0	8.5	7.9	2.5	
35.4				
3.4	12.1	13.9	11.2	
26.3	15.7	13.7		
15.6	23.4	29.0		

13.9	16.8	21.8	22.9	17.5		
20.9						
29.6						
35.6						
25.4	25.9	13.1				
12.0	9.9	22.5	15.5			
41.7						
8.5	0.0	3.9	7.2			
38.3						
6.1	15.0	21.0	13.0			
28.1	17.6	15.9				
18.9	26.7	31.6				
17.6	20.7	25.2	26.1	21.2		
24.8						
33.4						
39.1						
28.4	28.1	16.9				
14.8	10.3	24.3	18.1			
45.2						
7.9	3.9	0.0	5.7			
41.0						
10.4	19.2	17.3	9.5			
23.8	13.7	20.8				
22.5	25.0	23.1				
17.5	22.6	23.4	23.9	23.6		
25.7						
32.7						
37.9						
25.8	24.1	19.4				
12.6	5.5	20.0	22.7			
43.6						
2.5	7.2	5.7	0.0			
37.7						
39.8	41.1	20.5	23.3			
15.8	24.1	44.7				
39.3	16.5	9.6				
26.8	32.5	17.8	16.0	34.5		
28.0						
19.1						
15.3						
13.1	14.2	34.6				
26.3	32.4	18.6	44.4			
15.0						
35.4	38.3	41.0	37.7			
0.0						
0.0	0.0	3100.00	200.00	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	3300.00	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	0.0	0.0	3000.00	0.0		
3100.00	0.0	0.0	1500.00	400.00	0.0	1200.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
200.00	0.0	1500.00	0.0	1700.00	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

0.0	0.0	400.00	1700.00	0.0	2100.00	1200.0
300.00	0.0	2000.00	0.0	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0	2100.00	0.0	0.0
0.0	0.0	2100.00	0.0	0.0		
0.0	0.0	1200.00	0.0	1200.00	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.0	800.00	0.0	0.0	800.00	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0	2000.00	2100.00	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	4100.00		
3300.00	800.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4100.00	0.0	0.0		
0.0	0.0	0.0	0.0			
0.0	0.0	0.0				
0.0	0.0	0.0				
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.0						
0.0						
0.0	0.0	0.0				
0.0	0.0	0.0	0.0			
0.0						
0.0	0.0	0.0	0.0			
0.0						

CTC 1) = C.E 76

VALOR INICIAL ARBITRADO PARA O CUSTO TOTAL

CLSTC TCTAL(2) = 393359,44

PARA OS SEGUINTE VALORES DAS VARIÁVEIS

X(1, 1)	=	1
X(1, 2)	=	0
X(1, 3)	=	0
X(1, 4)	=	0
X(2, 1)	=	0
X(2, 2)	=	1
X(2, 3)	=	0
X(3, 1)	=	0
X(3, 2)	=	1
X(3, 3)	=	0
X(4, 1)	=	0
X(4, 2)	=	0
X(4, 3)	=	0
X(4, 4)	=	0
X(4, 5)	=	1
X(5, 1)	=	1
X(6, 1)	=	1
X(7, 1)	=	1
X(8, 1)	=	0
X(8, 2)	=	1
X(8, 3)	=	0
X(9, 1)	=	0
X(9, 2)	=	0
X(9, 3)	=	0
X(9, 4)	=	1
X(10, 1)	=	1
X(11, 1)	=	0
X(11, 2)	=	0
X(11, 3)	=	0
X(11, 4)	=	1
X(12, 1)	=	1

CLSTC TCTAL(3) = 380479,38

PARA OS SEGUINTE VALORES DAS VARIÁVEIS

X(1, 1)	=	0
X(1, 2)	=	0
X(1, 3)	=	0
X(1, 4)	=	1
X(2, 1)	=	0
X(2, 2)	=	0
X(2, 3)	=	1
X(3, 1)	=	0
X(3, 2)	=	0
X(3, 3)	=	1
X(4, 1)	=	0
X(4, 2)	=	0
X(4, 3)	=	0
X(4, 4)	=	1
X(4, 5)	=	0
X(5, 1)	=	1
X(6, 1)	=	1
X(7, 1)	=	1
X(8, 1)	=	0
X(8, 2)	=	0
X(8, 3)	=	1
X(9, 1)	=	0
X(9, 2)	=	0
X(9, 3)	=	1
X(9, 4)	=	0
X(10, 1)	=	1
X(11, 1)	=	0
X(11, 2)	=	0
X(11, 3)	=	1
X(11, 4)	=	0
X(12, 1)	=	1

CLSTC TCTAL(4) = 380019,38

PARA OS SEGUINTE VALORES DAS VARIÁVEIS

X(1, 1)	=	C
X(1, 2)	=	0
X(1, 3)	=	0
X(1, 4)	=	1
X(2, 1)	=	0
X(2, 2)	=	0
X(2, 3)	=	1
X(3, 1)	=	0
X(3, 2)	=	0
X(3, 3)	=	1
X(4, 1)	=	0
X(4, 2)	=	0
X(4, 3)	=	1
X(4, 4)	=	0
X(4, 5)	=	0
X(5, 1)	=	1
X(6, 1)	=	1
X(7, 1)	=	1
X(8, 1)	=	0
X(8, 2)	=	0
X(8, 3)	=	1
X(9, 1)	=	C
X(9, 2)	=	0
X(9, 3)	=	1
X(9, 4)	=	0
X(10, 1)	=	1
X(11, 1)	=	C
X(11, 2)	=	0
X(11, 3)	=	1
X(11, 4)	=	C
X(12, 1)	=	1

CLSTC TCTAL(5) = 372709,31

PARA OS SEGUINTE VALORES DAS VARIÁVEIS

X(1, 1)	=	C
X(1, 2)	=	0
X(1, 3)	=	1
X(1, 4)	=	0
X(2, 1)	=	C
X(2, 2)	=	0
X(2, 3)	=	1
X(3, 1)	=	C
X(3, 2)	=	C
X(3, 3)	=	1
X(4, 1)	=	C
X(4, 2)	=	0
X(4, 3)	=	1
X(4, 4)	=	0
X(4, 5)	=	C
X(5, 1)	=	1
X(6, 1)	=	1
X(7, 1)	=	1
X(8, 1)	=	C
X(8, 2)	=	C
X(8, 3)	=	1
X(9, 1)	=	C
X(9, 2)	=	1
X(9, 3)	=	0
X(9, 4)	=	0
X(10, 1)	=	1
X(11, 1)	=	C
X(11, 2)	=	1
X(11, 3)	=	0
X(11, 4)	=	C
X(12, 1)	=	1

CLSTC TOTAL(6) = 394929,31

PARA OS SEGUINTE VALORES DAS VARIÁVEIS

X(1, 1) =	C
X(1, 2) =	1
X(1, 3) =	C
X(1, 4) =	C
X(2, 1) =	C
X(2, 2) =	1
X(2, 3) =	0
X(3, 1) =	C
X(3, 2) =	1
X(3, 3) =	0
X(4, 1) =	C
X(4, 2) =	1
X(4, 3) =	C
X(4, 4) =	C
X(4, 5) =	0
X(5, 1) =	1
X(6, 1) =	1
X(7, 1) =	1
X(8, 1) =	C
X(8, 2) =	1
X(8, 3) =	C
X(9, 1) =	C
X(9, 2) =	1
X(9, 3) =	C
X(9, 4) =	C
X(10, 1) =	1
X(11, 1) =	C
X(11, 2) =	1
X(11, 3) =	C
X(11, 4) =	C
X(12, 1) =	1

CLSTC TOTAL(7) = 380329,56

PARA OS SEGUINTE VALORES DAS VARIÁVEIS

X(1, 1) =	1
X(1, 2) =	C
X(1, 3) =	C
X(1, 4) =	C
X(2, 1) =	1
X(2, 2) =	0
X(2, 3) =	0
X(3, 1) =	1
X(3, 2) =	C
X(3, 3) =	C
X(4, 1) =	1
X(4, 2) =	0
X(4, 3) =	0
X(4, 4) =	0
X(4, 5) =	0
X(5, 1) =	1
X(6, 1) =	1
X(7, 1) =	1
X(8, 1) =	1
X(8, 2) =	C
X(8, 3) =	0
X(9, 1) =	1
X(9, 2) =	C
X(9, 3) =	C
X(9, 4) =	C
X(10, 1) =	1
X(11, 1) =	1
X(11, 2) =	0
X(11, 3) =	0
X(11, 4) =	0
X(12, 1) =	1

A N E X O V

Representação em planta das soluções apresentadas pelo computador.

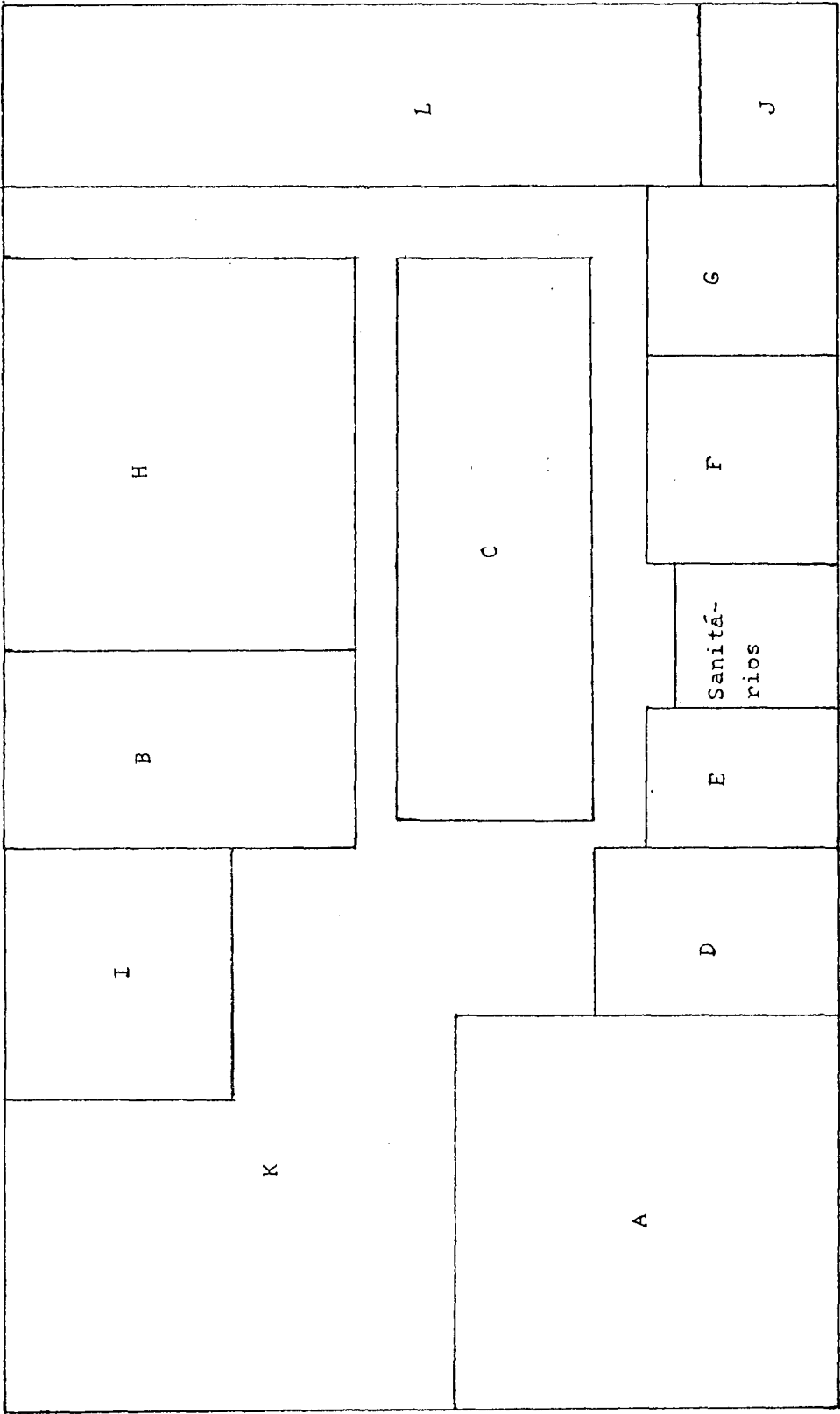


Figura 1 - Primeira Alternativa. Custo: Cr\$ 394.929,31

Escala: 4,2:1000

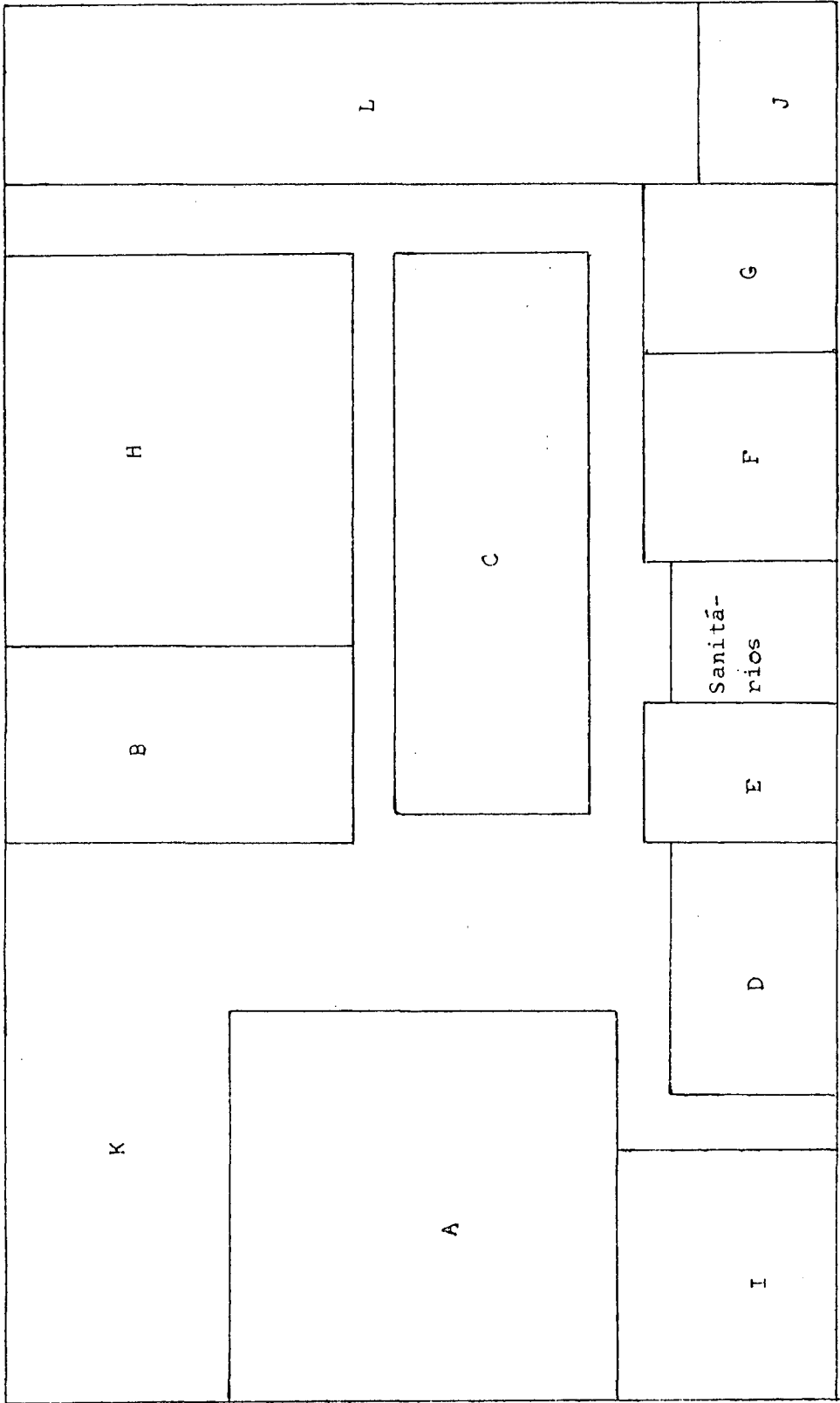


Figura 2 - Segunda Alternativa. Custo: Cr\$ 393.359,44
Escala: 4,2:1000

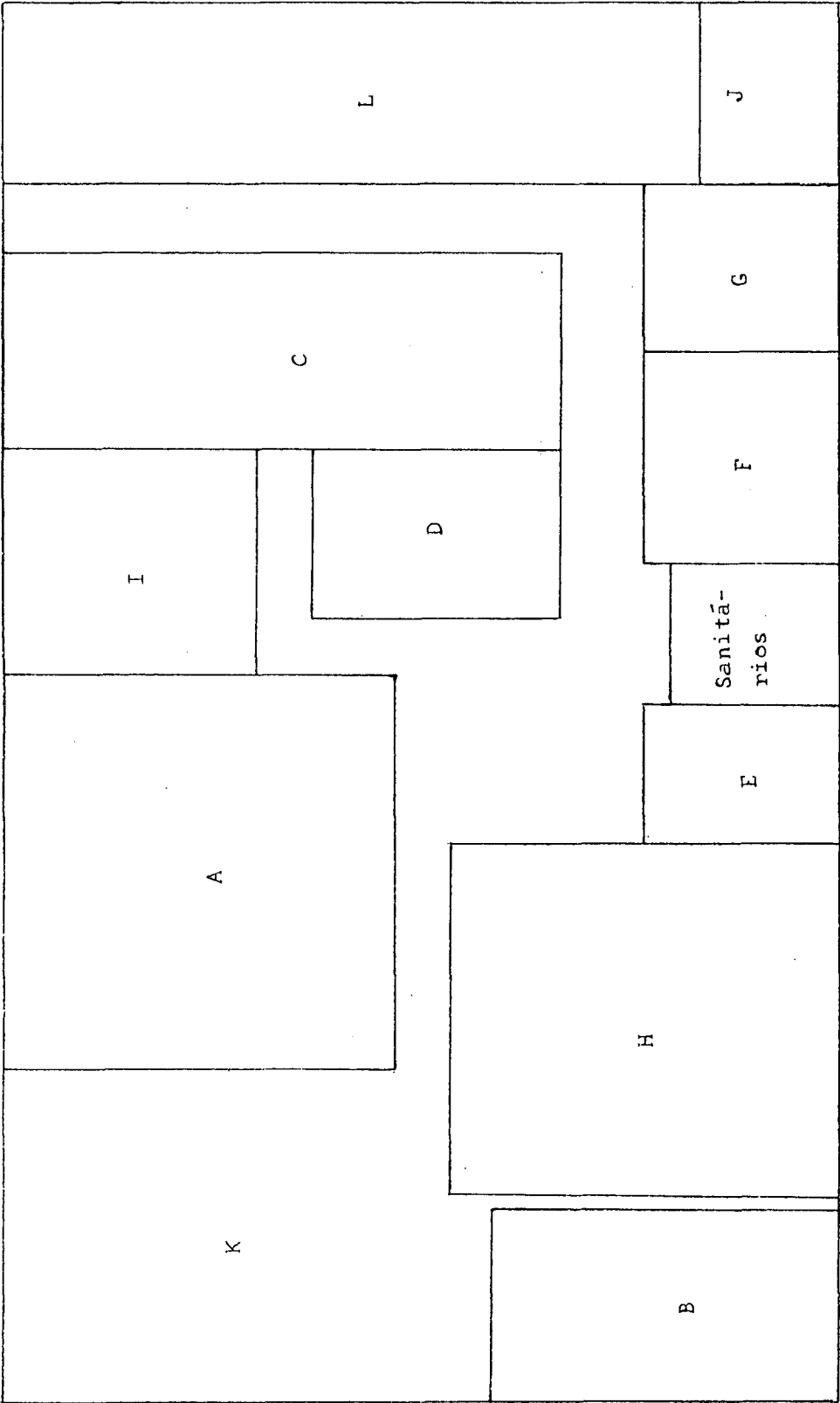


Figura 3 - Terceira Alternativa. Custo: Cr\$ 380.479,38
Escala: 4,2:1000

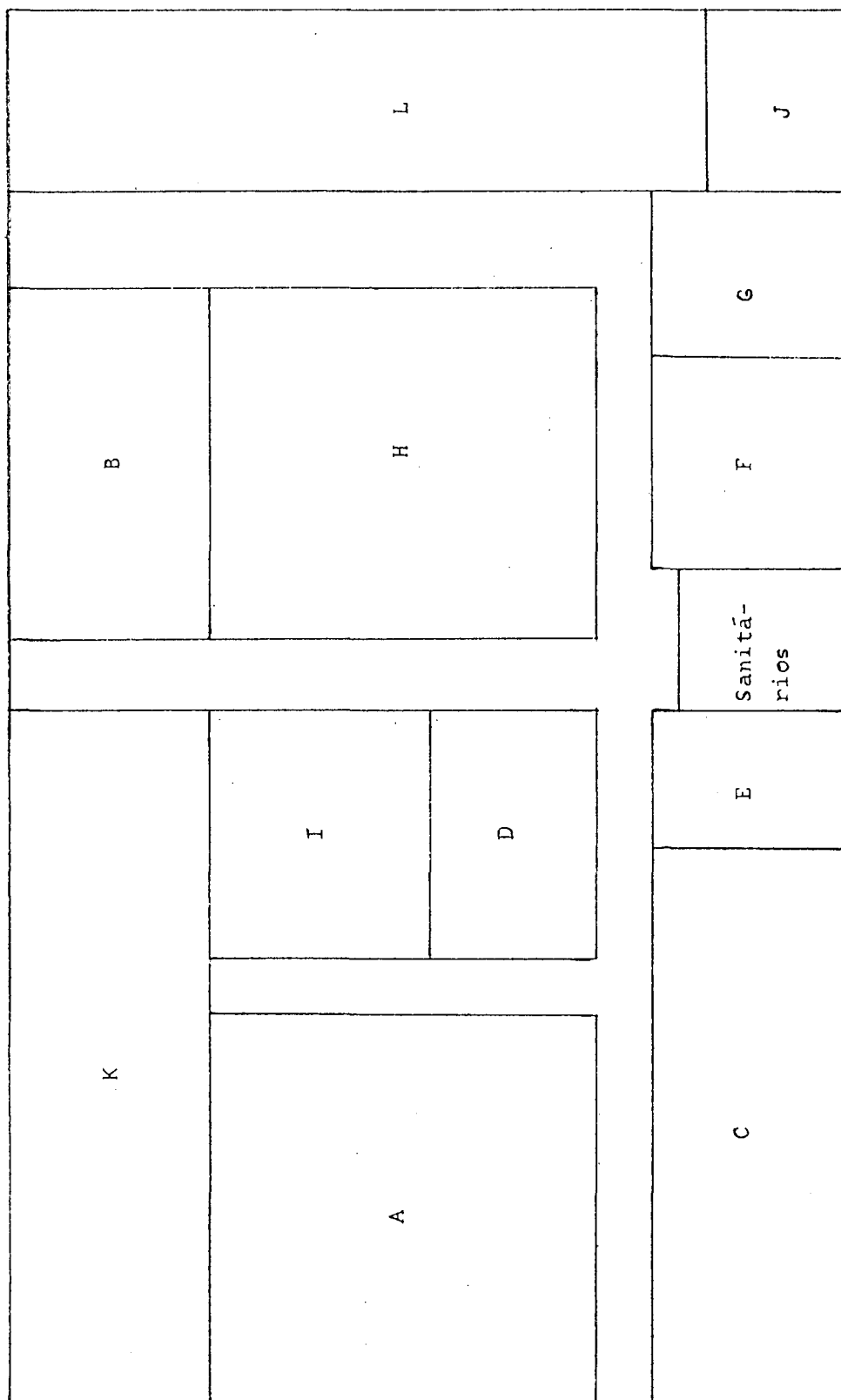


Figura 4 - Quarta Alternativa. Custo: Cr\$ 380.329,56

Escala: 4,2:1000

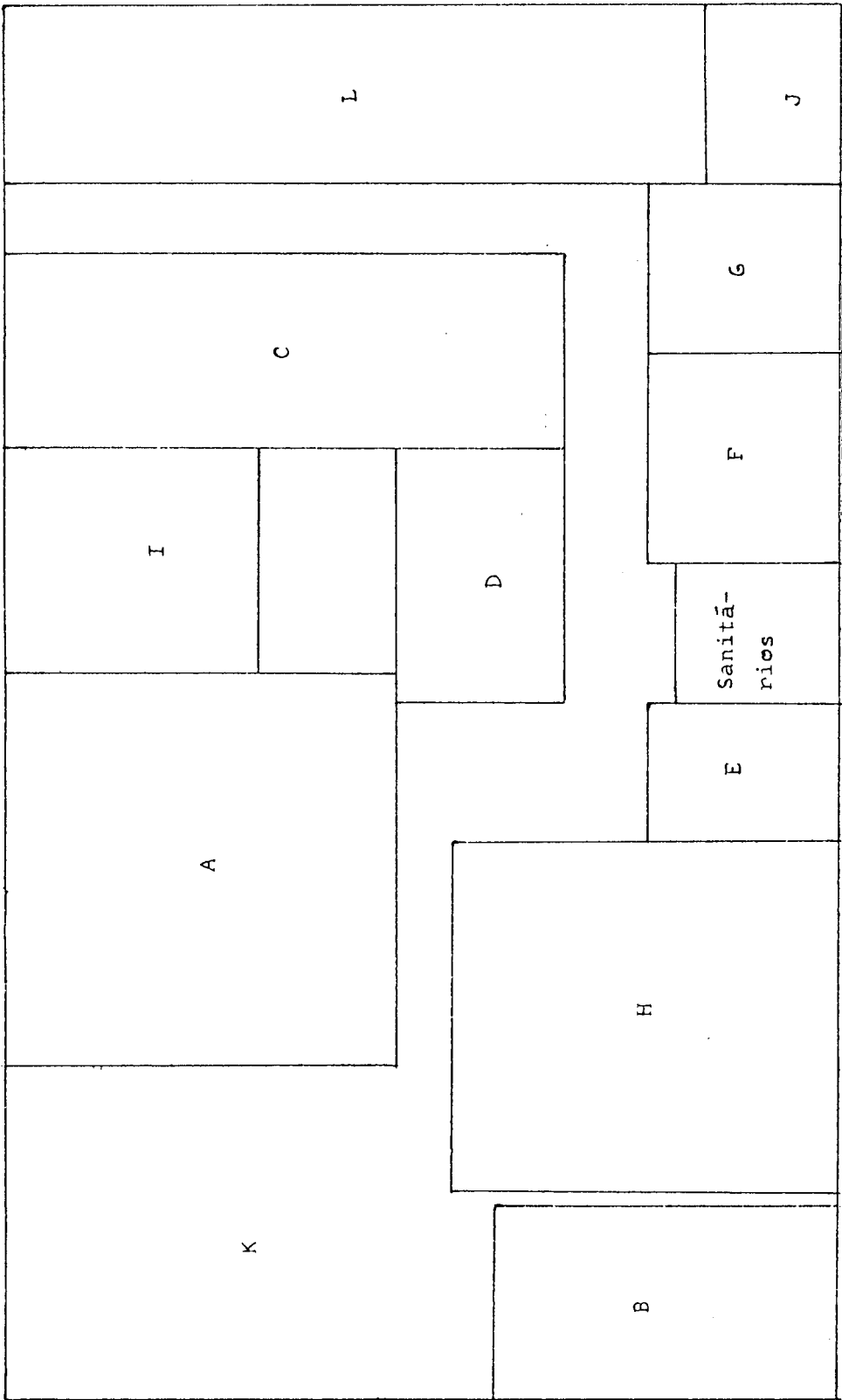


Figura 5. - Quinta Alternativa. Custo: Cr\$ 380.019,38

Escala: 4,2:1000

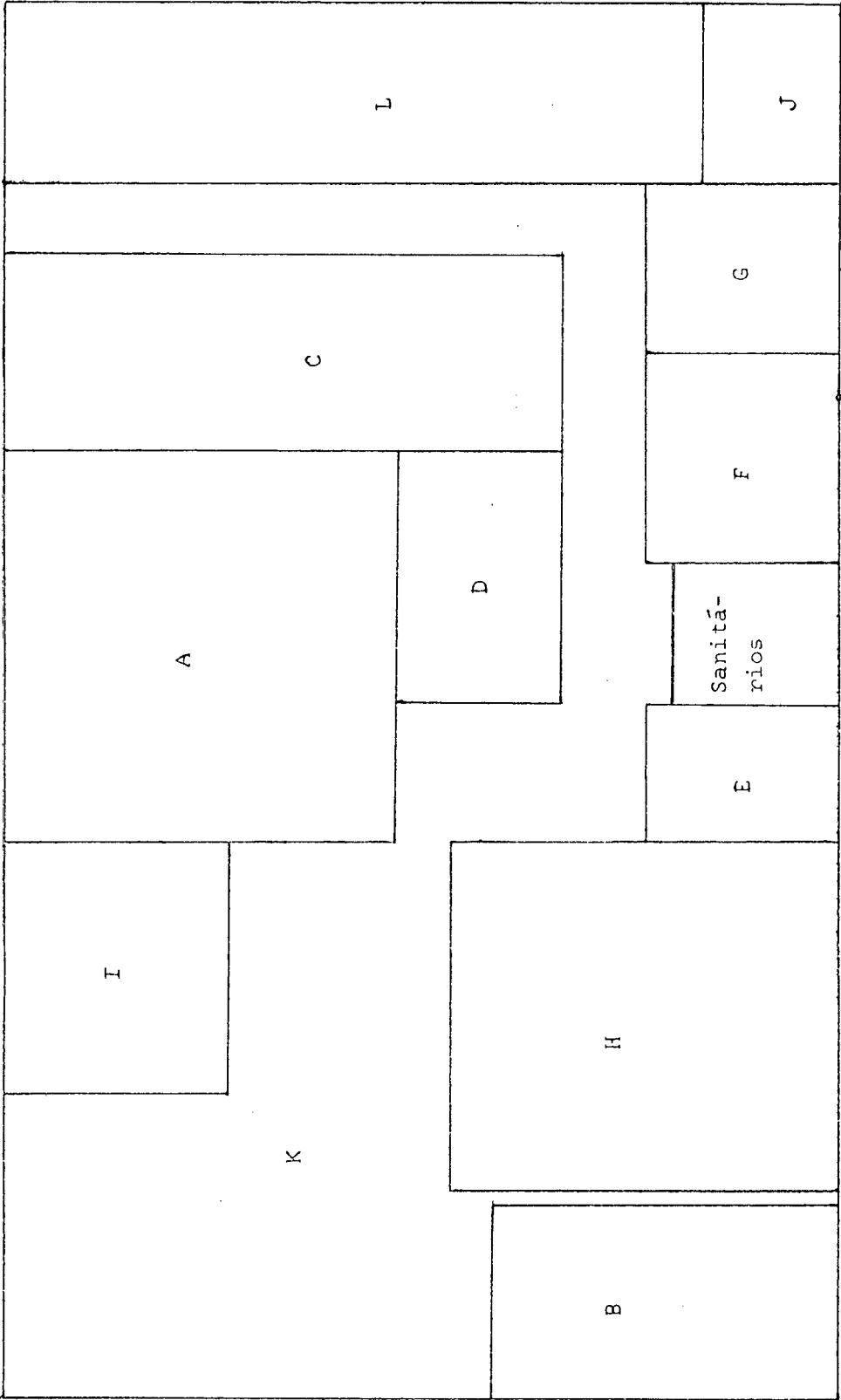


Figura 6 - Sexta Alternativa. Custo: Cr\$ 372.709,31
Escala: 4,2:1000

A N E X O VI

Gráficos demonstrativos da evolução das soluções encontradas pelo programa computacional.

INTERPRETAÇÃO DA SIMBOLOGIA UTILIZADA

Nos gráficos a seguir apresentados utilizou-se a seguinte simbologia:

a) As variáveis $x(i,k)$ bifurcadas são representadas a penas por seus índices (i,k) .

b) Em cada bifurcação, a ramificação à esquerda representa a variável $x(i,k) = 1$ e a ramificação à direita representa a variável $x(i,k) = 0$.

c) Cada ramificação bruscamente interrompida significa que, a partir daquele ponto não foi continuada a pesquisa por que não existe uma solução possível que satisfaça ao conjunto de restrições.

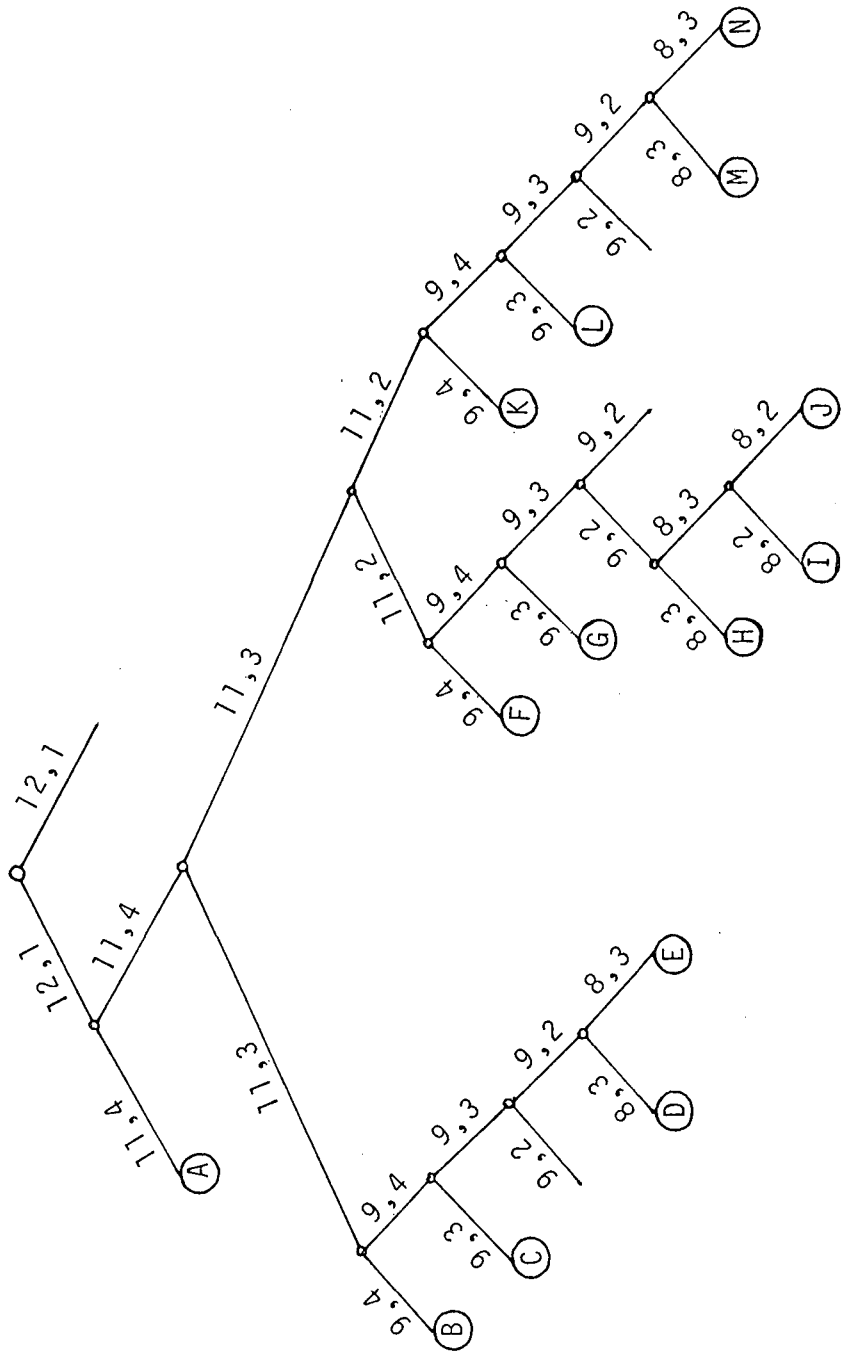
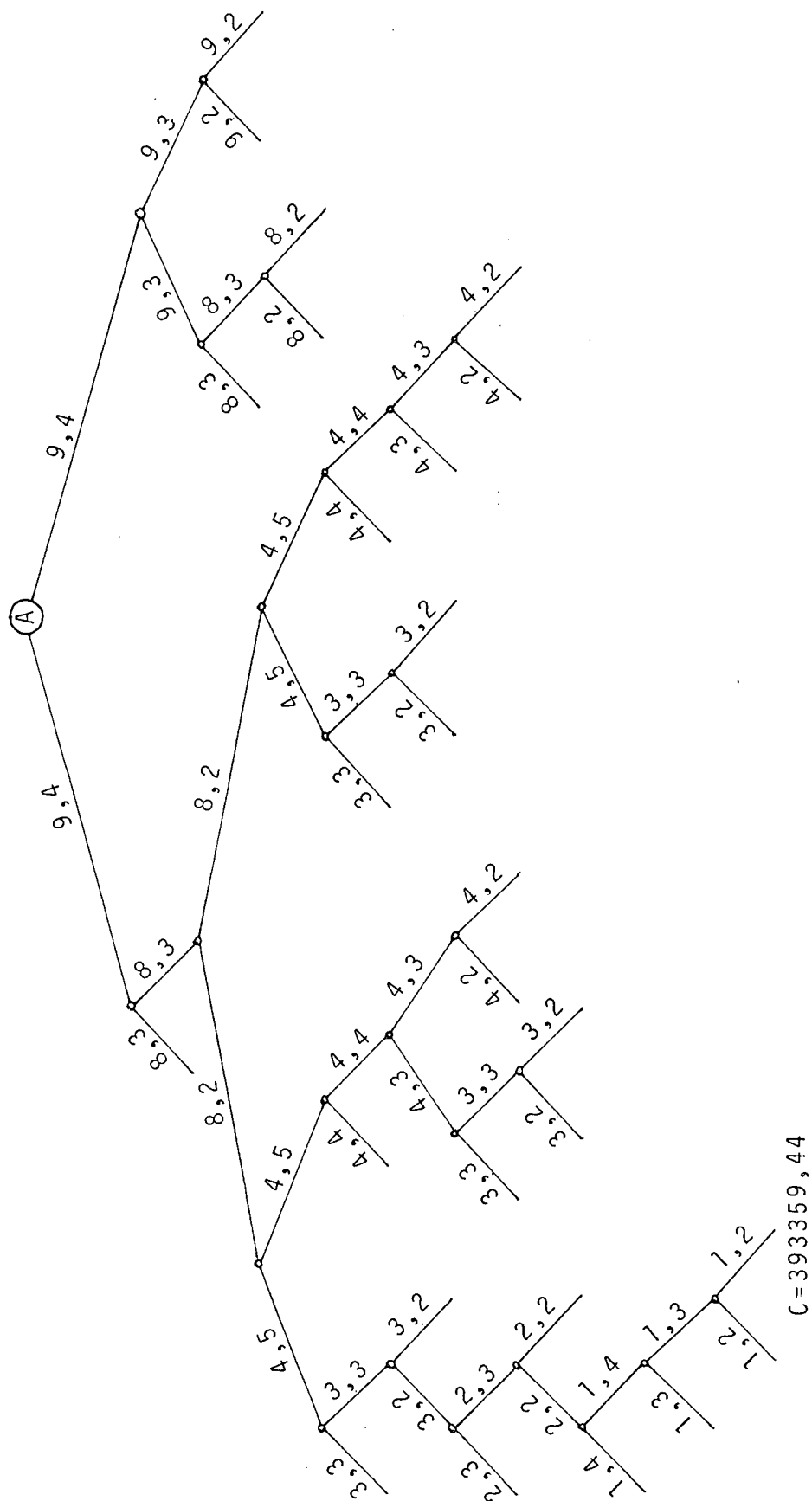
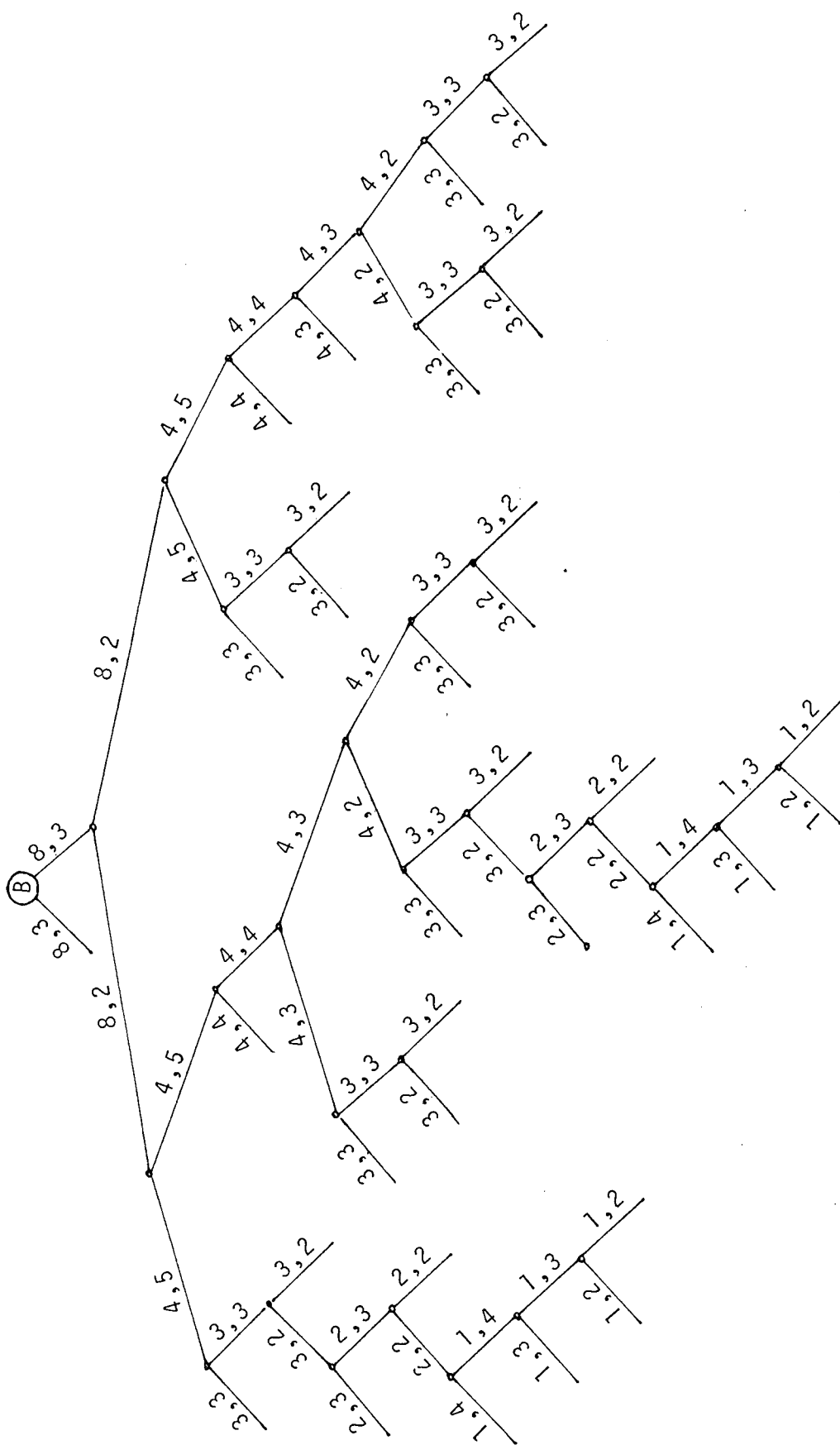


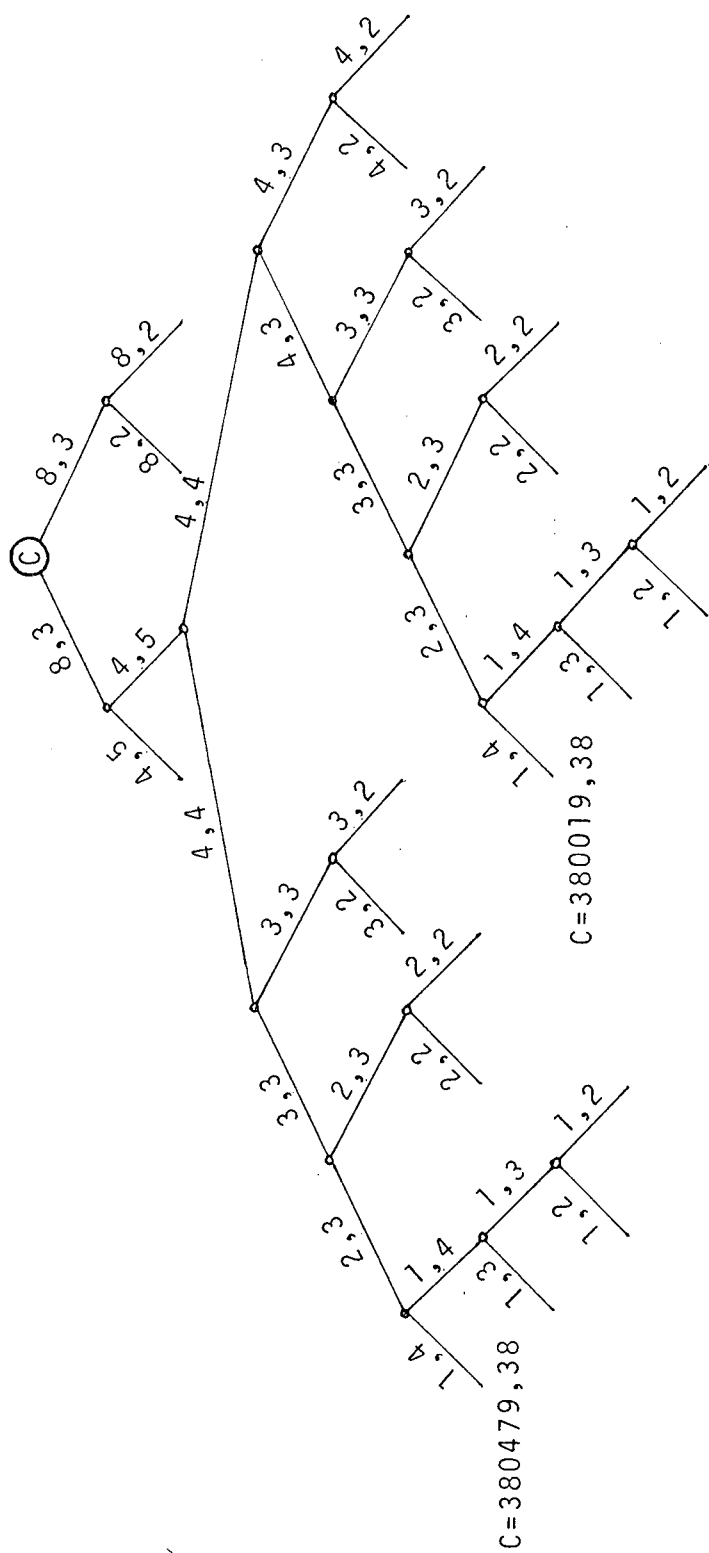
Gráfico Principal



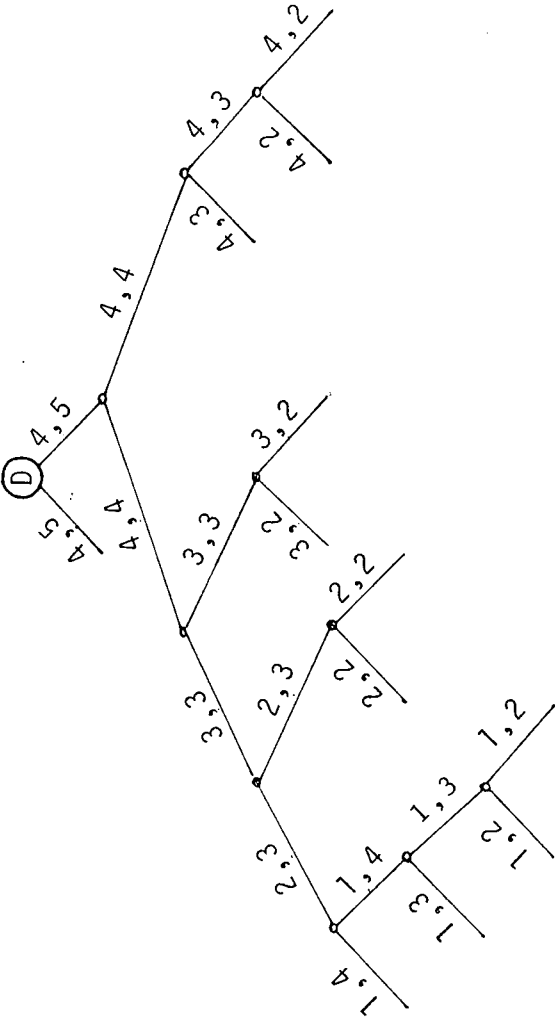
Ramificação A do Gráfico Principal



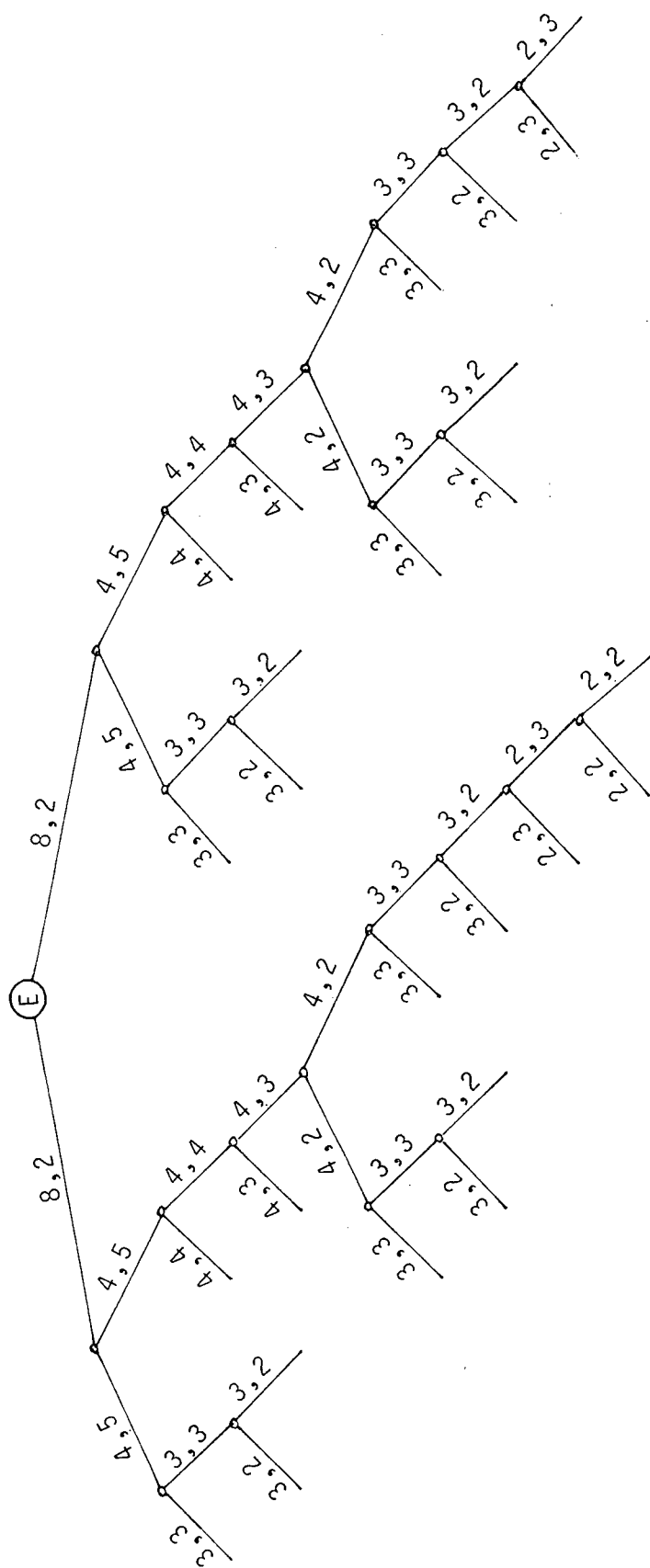
Ramificação B do Gráfico Principal



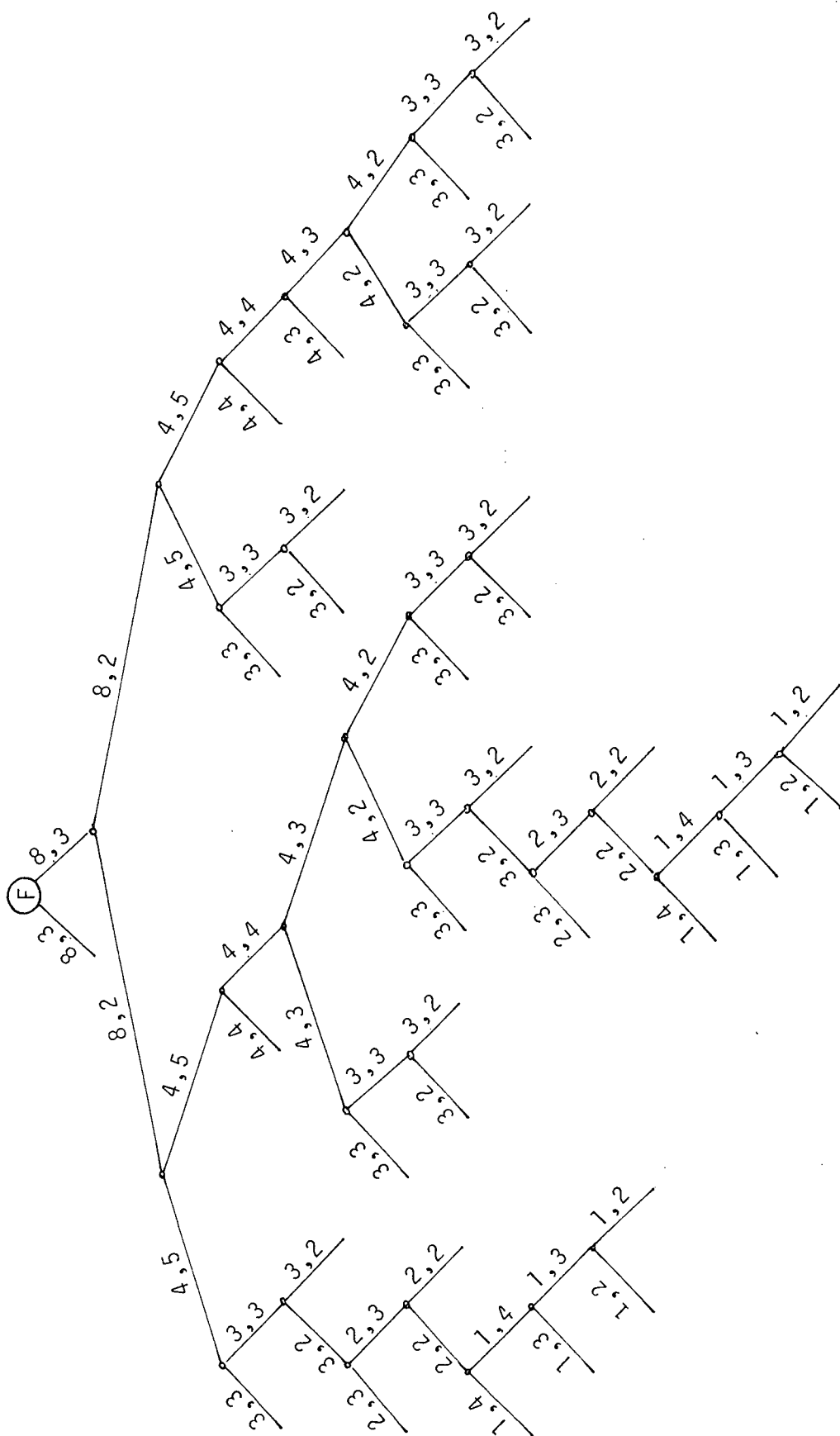
Ramificação C do Gráfico Principal



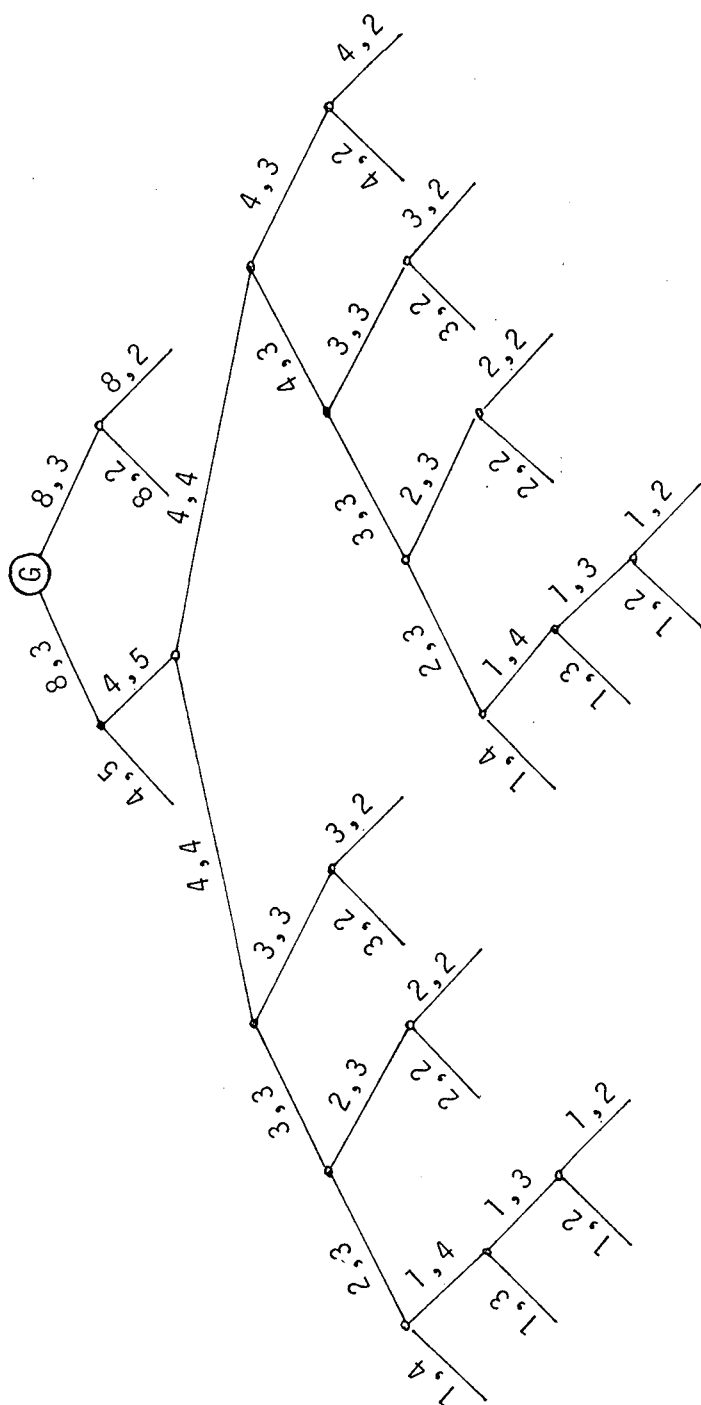
Ramificação D do Gráfico Principal



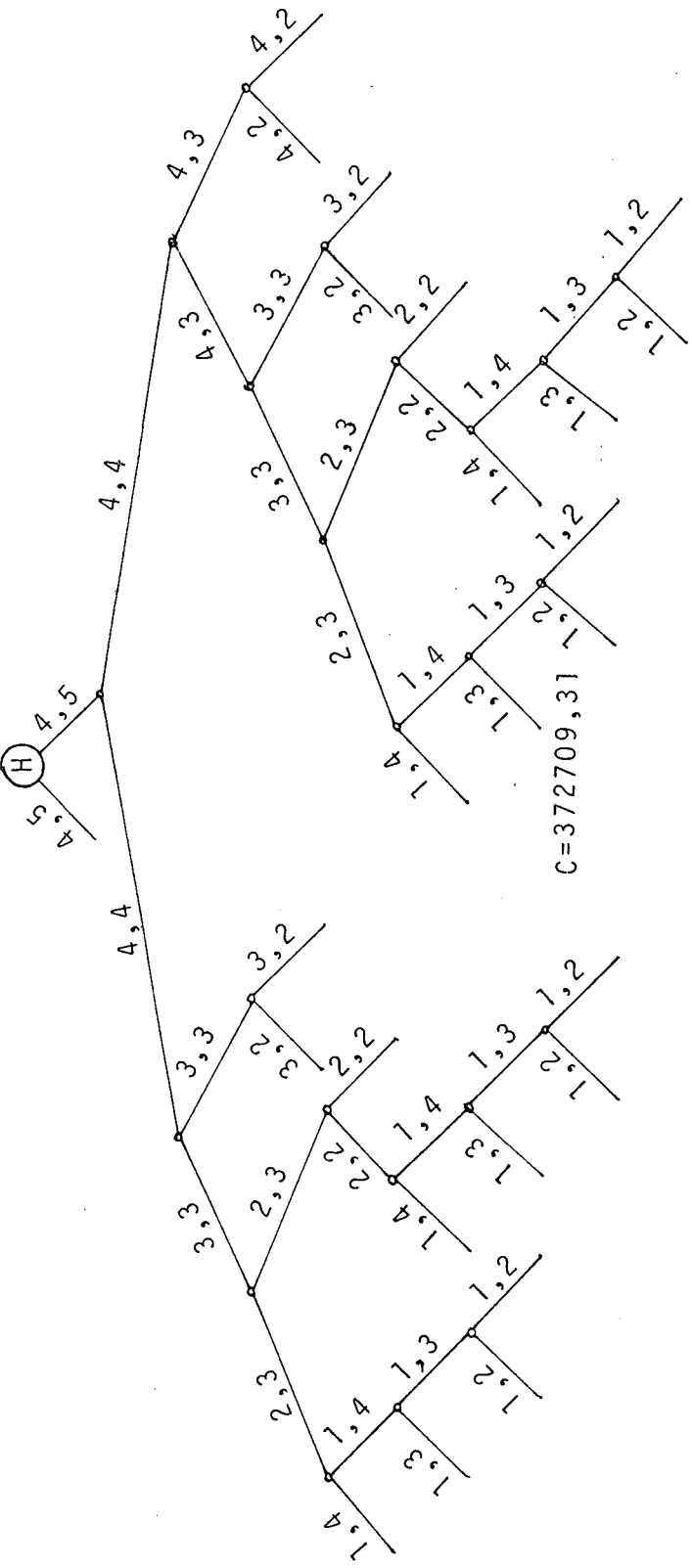
Ramificação E do Gráfico Principal



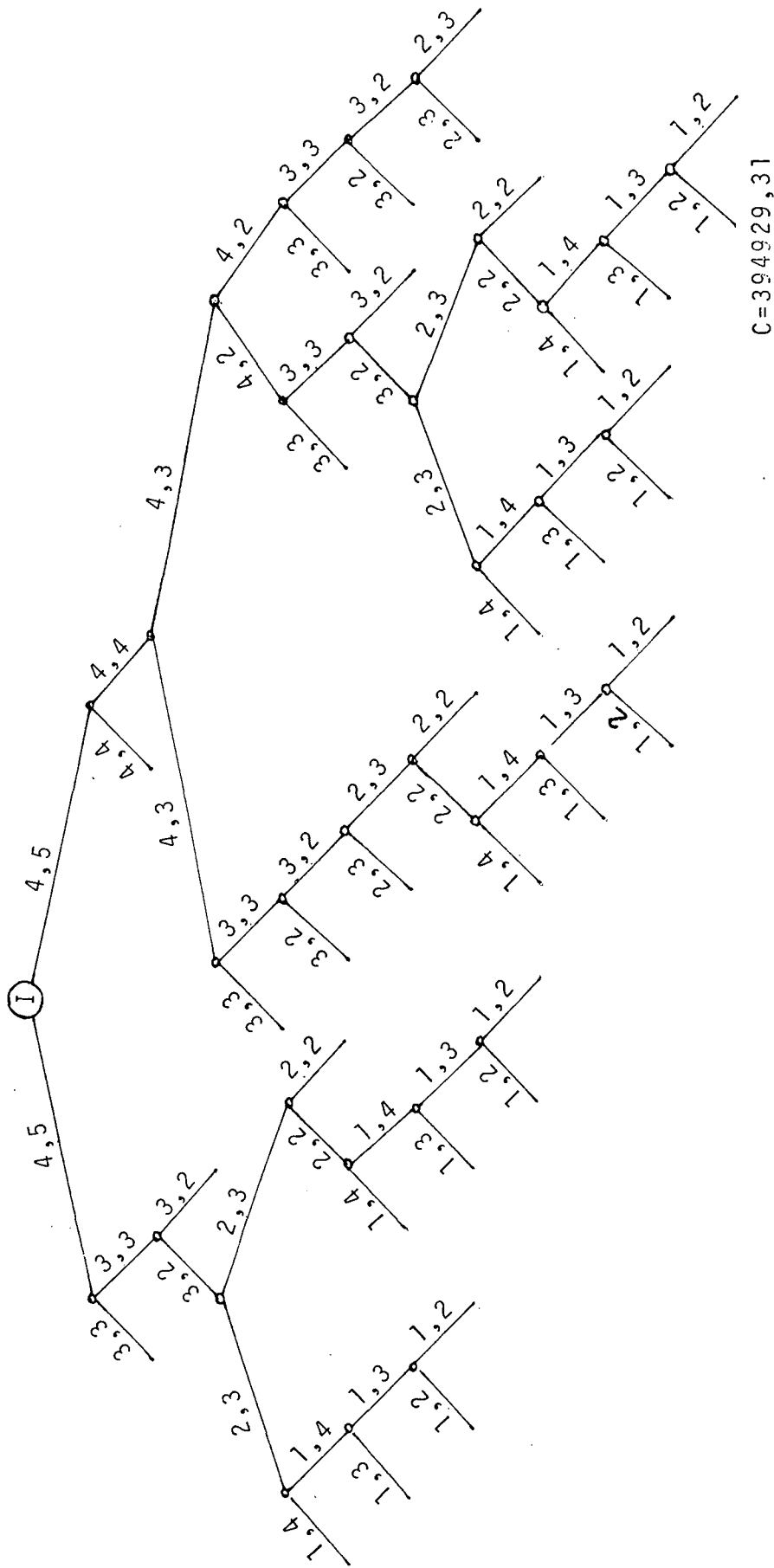
Ramificação F do Gráfico Principal



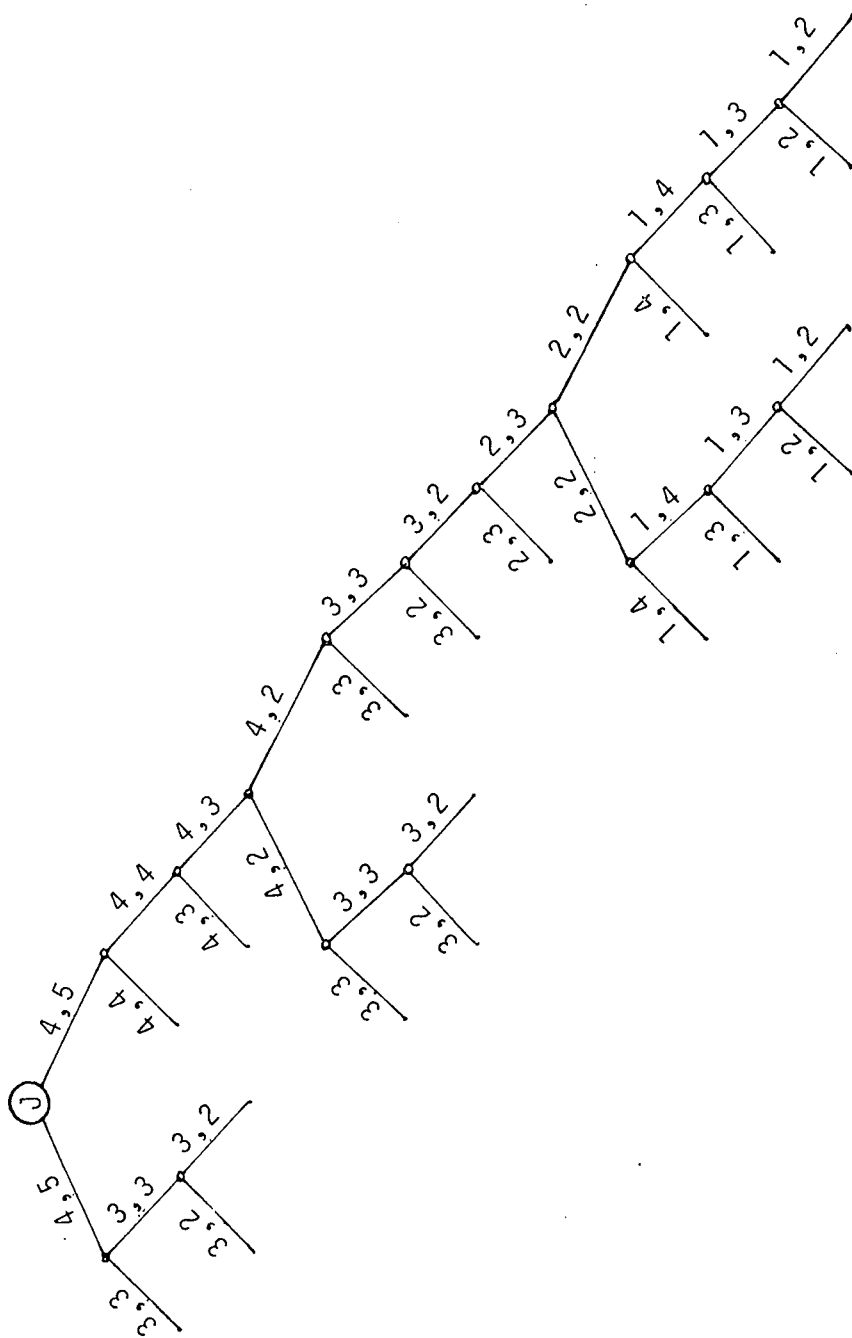
Ramificação G do Gráfico Principal



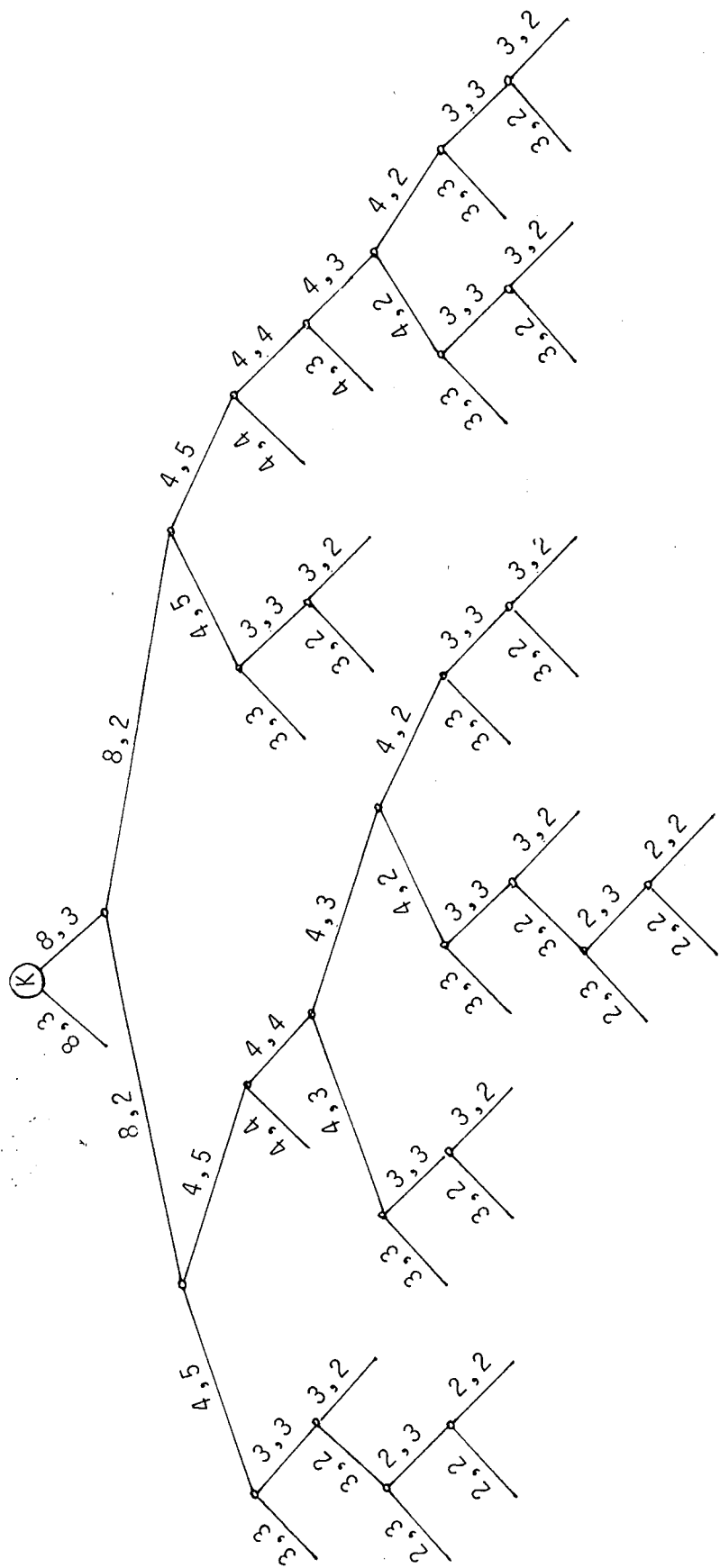
Ramificação H do Gráfico Principal



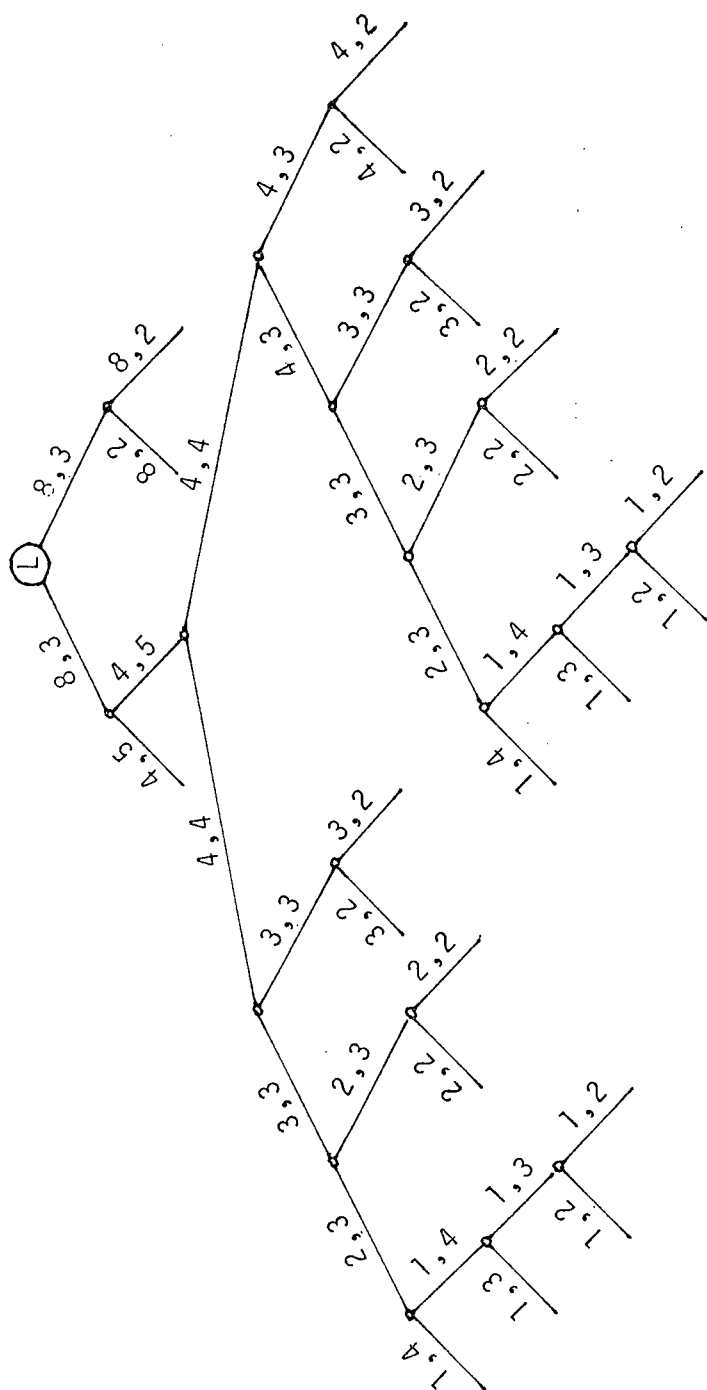
Ramificação I do Gráfico Principal



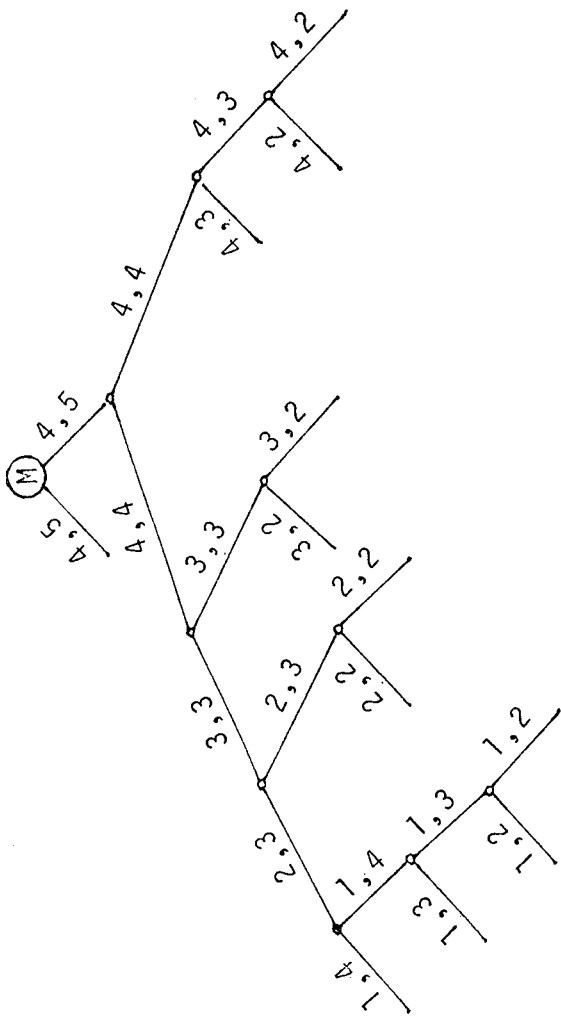
Ramificação J do Gráfico Principal



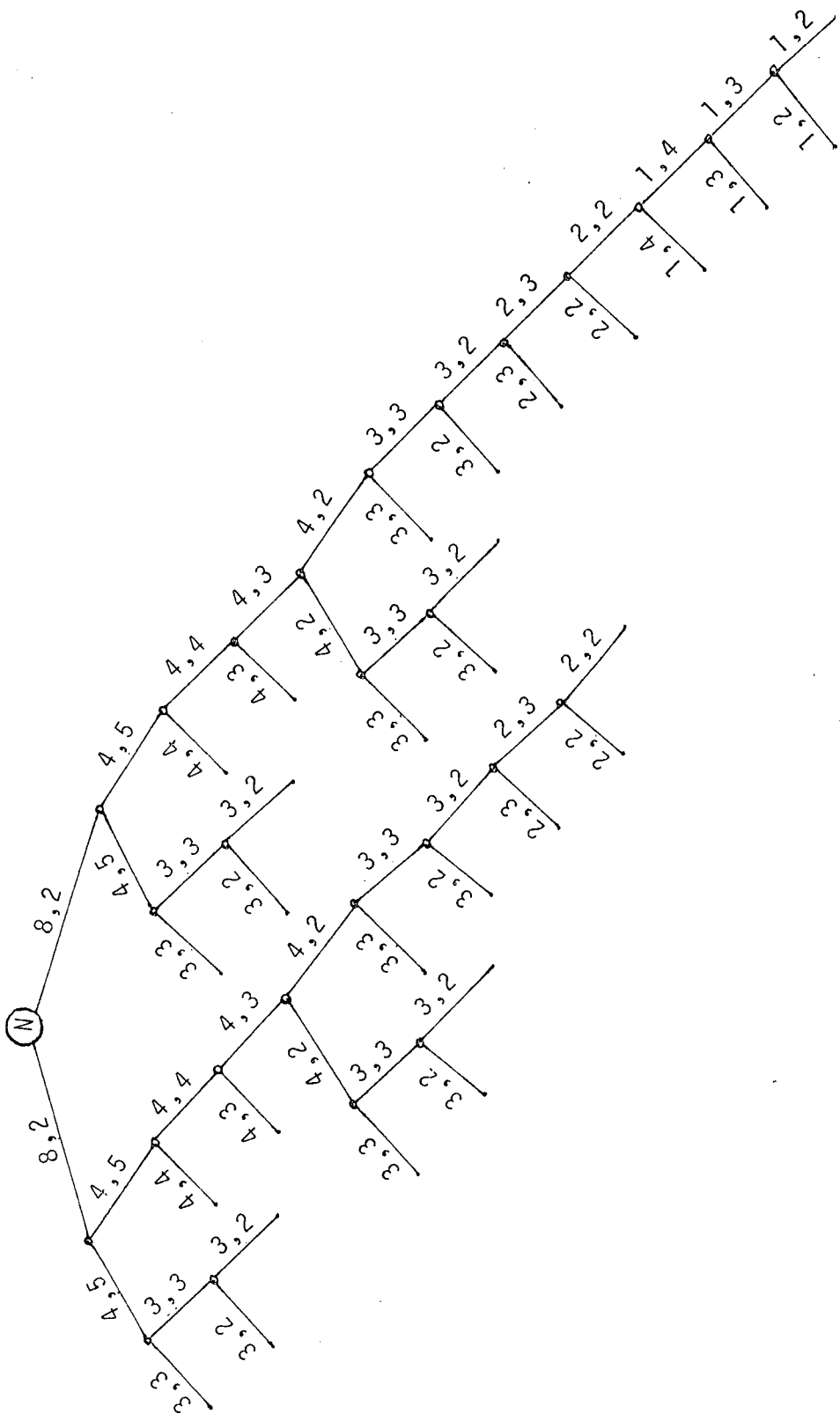
Ramificação K do Gráfico Principal



Ramificação L do Gráfico Principal



Ramificação M do Gráfico Principal



C=380329,56

Ramificação N do Gráfico Principal